Ing. PASCU D. URSU

RECEPTIA, EXPLOATAREA ŞI ÎNTREŢINEREA INSTALAŢIILOR ŞI APARATELOR PRIVIND PROTEJAREA AERULUI ATMOSFERIC

EDITURA TEHNICĂ

Scanned with OKEN Scanner

Ing. PASCU D. URSU * Ing. DAN P. FROSIN

RECEPŢIA, EXPLOATAREA ŞI ÎNTREŢINEREA INSTALAŢIILOR ŞI APARATELOR PRIVIND PROTEJAREA AERULUI ATMOSFERIC

EDITURA TEHNICĂ

BUCUREŞTI

Scanned with OKEN Scanner

Cartea pune la îndemîna specialiștilor care lucrează direct în exploatare, precum și a celor din proiectare și cercetare, elementele necesare asigurării unei funcționări continue, exploatării raționale și remedierii la momentul oportun a tuturor defecțiunilor ce s-ar ivi, indiferent de natura lor, la instalațiile și aparatele privind protejarea aerului atmosferic.

Lucrarea tratează mijloacele directe după care să se ghideze muncitorii și tehnicienii încă de la preluarea acestor instalații și metodele practice asupra modului de exploatare și întreținere a instalațiilor și aparatelor privind protejarea aerului atmosferic.

Sînt tratate atît măsurile preliminare recepției și recepția instalațiilor, și aparatelor, cît și aspectele exploatării aparatelor de antrenare a fluidelor pentru epurat, conductelor și canalelor de transport a fluidelor de epurat și exploatării principalelor aparate și agregate care fac parte din instalațiile de protecție a aerului atmosferic. De asemenea, sînt prezentate noțiuni privind întreținerea acestor aparate și măsurile de tehnica securității muncii specifice.

Recomandările făcute sînt valabile și pentru alt fel de instalații ca: instalațiile de ventilație, instalațiile de tansport pneumatic, instalațiile de circulație a fluidelor, instalațiile de transportul gazelor naturale etc.

Se adresează tuturor muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor care lucrează în domeniul protejării aerului atmosferic. Poate servi atît studenților care au ca disciplină această tematică, cît și la reciclare și policalificare.

Control științific: *Ing.* **Rădulescu Ion**
Redactor: *Ing.* **Radu Ion**
Tehnoredactor: **Morărescu Valeriu**
Coperta: **Niculescu Simona**

B.T. 28.12.1981. Coli tipar 20,75
C.Z. 621.52/.53.004

Tiparul executat sub c-da. nr. 5728 la
Întreprinderea poligrafică Galați
B-dul G. Coșbuc nr. 223 A Galați

REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

PREFAȚĂ

Poluarea atmosferei a devenit în prezent una din problemele vitale ale omenirii. În unele părți ale globului gradul de poluare al aerului a ajuns la așa nivel încît a început să provoace adevărate calamități creind pagube materiale însemnate și victime omenești. Credem că nu se exagerează dacă se afirmă că mergînd în ritmul actual poluarea aerului devine, într-un viitor foarte apropiat, inamicul numărul unu al omenirii.

În adevăr unele popoare au început să-și dea seama de acest pericol și au început, unele mai timid, altele destul de ferm, să ia anumite măsuri care să combată extinderea acestui fenomen, elaborînd legi și reglementări care prevăd anumite limite pentru factorii care creează agenții poluanți.

În literatura mondială sînt elaborate multe studii și lucrări, se cheltuiesc sume importante, dar cu toate acestea gradul de poluare a aerului atmosferic nu se reduce, ba mai mult efectele se extind în raport invers cu măsurile luate. Este adevărat că pînă nu se va ajunge la o acțiune comună hotărîtă pe plan mondial asupra combaterii poluării, nu va fi posibilă luarea unor măsuri eficiente. Deși asemenea acțiuni sînt expuse intens la diferite nivele și organizații, nu se poate considera că s-a ajuns la un punct care să se considere hotărîtor și cu putere aplicativă pentru toate statele.

Este adevărat că în țara noastră nu s-a ajuns pînă acum la un grad de poluare atmosferică care ar putea pune în pericol viața cetățenilor, dar unele efecte de ordin material au început deja să se simtă în jurul marilor combinate industriale, deși acestea, în conformitate cu Legea nr. 9 din 1973 sînt obligate să se doteze cu instalațiile și aparatura necesară protejării întregului mediu înconjurător. Mai mult, în țara noastră funcționează Consiliul Național pentru Protecția Mediului Înconjurător, organism dependent direct de Conducerea de Stat, care are sarcina de a supraveghea, îndruma și coordona toate măsurile privind poluarea.

Dacă măsurile preventive sînt luate odată cu realizarea investițiilor, pentru a se ajunge la rezultatele scontate aceste măsuri

Scanned with OKEN Scanner

trebuie puse în practică și menținute în stare de funcționare continuă.

Unul din factorii care contribuie în cea mai mare măsură la nerealizarea prevederilor din reglementările în vigoare este că unele din instalațiile de protejare a aerului atmosferic, pentru care s-au făcut investiții serioase, nu funcționează sau nu sînt exploatate rațional și la întreaga lor capacitate din cauza lipsei unui personal calificat care să le poată deservi corect.

Scopul lucrării de față urmărește tocmai să combată acest inconvenient și să pună la îndemîna atît a cadrelor de conducere a întreprinderilor industriale, precum și a personalului tehnic care exploatează aceste instalații cît mai multe cunoștințe pentru a le recepționa, exploata și întreține și repara eventualele defecte apărute în timpul exploatării.

O astfel de lucrare nu există în prezent în literatura de specialitate din țara noastră și de aceea la elaborarea celei de față, deși s-au consultat unele lucrări care scot în evidență unele defecte, autorii au trebuit să se bazeze pe rezultatele practice obținute în exploatare după îndelungate cercetări și a unei largi experiențe.

Desigur lucrarea nu poate cuprinde în amănunt toate problemele propuse, dar considerăm că liniile generale care trebuie urmate au fost evidențiate.

Dacă acest lucru a fost realizat, rugăm ca masa cititorilor să ne comunice, mulțumindu-le cu căldură și anticipație pentru eventualele sugestii cu care vor binevoi să contribuie la elaborarea altor lucrări de acest fel în viitor.

Autorii

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

Prefață

PARTEA ÎNTÎIA
Recepția instalațiilor și aparatelor privind protejarea aerului atmosferic 11

CAPITOLUL I **Măsuri preliminare recepției**

I.1. Norme și prescripții tehnice în vigoare 11
I.2. Măsuri preliminare recepției 13
a. Protecția și tehnica securității muncii 13
b. Protecția împotriva incendiilor 14
c. Modul de execuție a recepției 16
I.3. Verificarea executării conform prevederilor din proiect și din cartea tehnică a aparatelor, agregatelor sau instalațiilor 17
a. Verificarea caracteristicilor constructive 18
b. Verificarea caracteristicilor de funcționare 24
c. Verificarea caracteristicilor dimensionale și de gabarit . . 26
d. Măsuri necesare pe timpul verificării 28

CAPITOLUL II. **Recepția instalațiilor și aparatelor privind protejarea aerului atmosferic** 31

II.1. Aparate de măsură necesare 31
a. Tuburi Pitot și Prandtl 32
b. Anemometre 33
c. Contorul de turații sau tahometrul 35
d. Termometre 36
e. Psihrometre 36
II.2. Probele de funcționare la rece (fără sarcină) 38
a. Organele de antrenare a fluidului de epurat 38
b. Organele de transport al fluidului de epurat 40
II.3. Probele de preluare (recepția) 52
a. Măsuri pregătitoare 52
b. Pornirea instalației 53
c. Verificarea aparatelor de antrenare a fluidelor de epurat . 54
d. Organele de transport al fluidelor (aerului) de epurat . . . 57
e. Aparatele de captare a impurităților 58

PARTEA A DOUA.
Exploatarea instalațiilor și aparatelor privind protejarea aerului atmosferic 31

CAPITOLUL III. **Recomandări de exploatare** 88
CAPITOLUL IV. **Exploatarea aparatelor de antrenare a fluidelor pentru epurare** 93

Scanned with OKEN Scanner

IV.1. Noţiuni de bază 93

IV.2. Ventilatoarele 97

a. Verificarea intrării fluidului de epurat în rotor 97
b. Verificarea ieşirii fludului de epurat din rotor 98
c. Verificarea carcasei spirale 99
d. Verificarea pierderilor 99
e. Verificarea puterii absorbite pentru acţionarea ventilatorului . 105
f. Verificarea difuzorului 106

IV.3. Aspiratoarele de fum şi exhaustoarele 107

a. Intrarea în rotor 108
b. Ieşirea din rotor 110
c. Mantaua spirală (carcasa) 111
d. Pierderile hidraulice 111
e. Puterea parazitară 113
f. Pierderile în interstiţii 113
g. Puterea necesară pentru acţionarea aspiratorului de fum . 115
h. Randamentul 115

IV.4. Reglarea aparatelor de antrenare 117

a. Principii de reglare 117
b. Reglarea interstiţiului 131
c. Reglarea în cazul funcţionării în paralel a aparatelor de antrenare 133

IV.5. Echilibrarea aparatelor 134

IV.6. Modernizarea aparatelor de antrenare 136

IV.7. Verificarea la rezistenţă a pieselor principale a unui aparat . . 141

a. Rotorul 141
b. Discul antrenor (posterior) 143
c. Discul conic (anterior) 144
d. Paleta 147
e. Arborele 149

IV.8. Lagărele 152

IV.9. Acţionarea aparatelor de antrenare 156

CAPITOLUL V. **Exploatarea conductelor şi canalelor de transport a fluidului de epurat** 162

V.1. Conducte 162
V.1.1. Rezistenţa conductelor 162
V.1.2. Căderea de presiune în conducte 163
V.1.3. Izolarea conductelor 171
V.1.4. Materiale termoizolante 173
V.1.5. Materiale pentru garnituri de etanşare 176
V.1.6. Rezistenţa drumului fluidelor de epurat în conducte . . . 177
V.1.7. Ancorarea conductelor 179
V.2. Canalele 188

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL VI. **Exploatarea principalelor aparate şi agregate care fac parte din instalaţiile de protejare a aerului atmosferic**

VI.1. Camerele de depunere 192

VI.2. Cicloanele 196

VI.3. Multicicloanele 204

VI.4. Cicloanele speciale 206

VI.5. Filtrele cu ţesături 208

VI.6. Filtrele electrice 218

VI.7. Aparatele umede 224

VI.7.1. Aparatele statice 224
a. Coloanele cu umplutură 224
b. Spălătoarele de gaze 231

VI.7.2. Aparatele dinamice 231

VI.7.3. Aparatele cu feţe udate 233
a. Cicloanele cu peliculă de apă 233
b. Scruberele centrifuge 235

V.7.4. Aparatele cu spumă 237

VI.8. Apaartele cu tub Venturi 240

VI.9. Aparatele sonice 248

VI.10. Dispozitivele de descărcare a impurităţilor fără nocivitate chimică din aparatele de epurare 251

V.10.1. Procedeele uscate 253

VI.10.2. Procedeele umede 258

VI.11. Transportul impurităţilor de la evacuarea din aparatele de epurare la locurile de depozitare 263

VI.11.1. Transportul hidraulic 263

VI.11.2. Transportul pneumatic 266

VI.11.3. Transportul manual 270

VI.12. Transportul impurităţilor cu nocivitate chimică 270

PARTEA A TREIA.
Întreţinerea şi repararea instalaţiilor, aparatelor şi agregatelor privind protejarea aerului atmosferic 271

CAPITOLUL VII. **Întreţinerea**

a. Întreţinerea preventivă 271

b. Întreţinerea planificată 273
c. Noţiunea de uzură 277
VII.1. Întreţinerea organelor de antrenare 279
VII.1.1. Lagărele 283
VII.1.1.1. Lagărele de ostogolire 283
VII.1.1.2. Lagărele de alunecare 283
VII.1.1.3. Lagărele axiale 287
VII.1.1.4. Dimensionarea lagărelor 288
VII.1.1.5. Determinarea debitului de ulei necesar pentru ungere . . 289
VII.1.2. Rulmenţii şi întreţinerea lor 290
VII.2. Întreţinerea canalelor şi conductelor 294
VII.2.1. Mijloace de protejare 294
VII.2.2. Etanşeitatea între tronsoanele conductelor 297
VII.3. Întreţinerea aparatelor de epurare 302
VII.3.1. Cicloanele şi multicicloanele 303
VII.3.2. Filtrele cu ţesături 304
VII.3.3. Filtrele electrice 305
VII.3.4. Aparatele umede statice 305
VII.3.5. Aparatele umede dinamice 306
VII.3.6. Celelalte aparate de epurare 307
VII.3.7. Concluzii 307
Anexe 308
Bibliogrfie 330

Scanned with OKEN Scanner

Partea întîia

RECEPŢIA INSTALAŢIILOR ŞI APARATELOR PRIVIND PROTEJAREA AERULUI ATMOSFERIC

CAPITOLUL I

MĂSURI PRELIMINARE RECEPŢIEI

I.1. NORME ŞI PRESCRIPŢII TEHNICE ÎN VIGOARE

Dezvoltarea generală şi rapidă a ştiinţei şi civilizaţiei a impus şi va impune în continuare omenirii o dezvoltare crescîndă a industriei pentru producerea de energie electrică, materii prime şi bunuri de consum. Angrenată în această amplă desfăşurare a activităţii mondiale, ţara noastră a păşit, în special în ultimele planuri cincinale, cu un larg avînt pe calea industrializării.

Numărul uzinelor a crescut şi creşte continuu, creîndu-se o repartiţie armonioasă a economiei în toate regiunile ţării. Cu excepţia cîtorva uzine vechi, tot ce s-a construit şi s-a investit s-a făcut ţinîndu-se seama de cele mai noi descoperiri ale ştiinţei şi tehnicii în ceea ce priveşte normele de protejare a mediului înconjurător în care vor lucra instalaţiile respective.

În lumina acestui scop ţara noastră, la fel ca toate ţările cu o industrie avansată, a elaborat şi difuzat o serie de reglementări şi anume :

— H.C.M. nr. 811 publicată în Buletinul Oficial nr. 88 din 8 august 1951 şi Decizia nr. 467 din 20 octombrie 1952 privind prescripţiile tehnice pentru construirea, repararea, instalarea, exploatarea şi controlul cazanelor de abur şi recipientelor sub presiune.

— Ordinul nr. 956 din 28 iulie 1952 al Ministerului Sănătăţii şi Prevederilor Sociale privind concentraţiile maxime admisi-

bile pentru aerosolii metalelor și metaloizilor și ai compușilor acestora din aerul atmosferic al zonei de lucru a muncitorilor.

— H.C.M. nr. 518/1964 privind ocrotirea naturii.

— H.C.M. nr. 969/1967 privind amplasarea și proiectarea întreprinderilor industriale și a celor zootehnice.

— Legea nr. 12/1968 privind apărarea, conservarea și folosirea terenurilor agricole și a pădurilor.

— Ordinul nr. 623 al Ministerului Sănătății publicat în Buletinul Oficial nr. 212 din 1973, în care sînt stabilite concentrațiile maxime admise ai principalilor poluanți ai aerului și nivelele de zgomot maxime admise.

— Legea nr. 9 din 20 iunie 1973 privind protecția mediului înconjurător.

— Legea nr. 58/1974 privind sistematizarea teritoriului și localităților urbane și rurale.

— Au fost elaborate, de asemenea, programe naționale de cercetare prin care se prevede găsirea unor metode noi de studiere și soluționare a problemelor poluării atmosferei, iar începînd din anul 1976, în Planul unic de dezvoltare economică și socială a țării, sînt cuprinse chiar obiective nominalizate referitoare la protejarea aerului atmosferic și a mediului înconjurător.

— Sînt elaborate, de asemenea, un mare număr de STAS-uri privind condițiile pe care trebuie să le îndeplinească fiecare aparat, agregat, mașină și instalație, a căror enumerare în lucrarea de față ar fi imposibilă din cauza spațiului afectat.

— Nici o investiție nouă nu mai poate fi realizată dacă proiectul nu a fost avizat favorabil de către Consiliul Național pentru Protecția Mediului Înconjurător din punct de vedere al măsurilor luate privind prevederile Legii nr. 9/1973.

Cu toate acestea, se mai constată frecvent cazuri de poluarea atmosferei în zona unor combinate industriale, iar pe sol, pe rază de kilometri, vegetația este acoperită uneori de prafurile aduse de norii poluanți.

Se naște întrebarea logică : care este cauza poluării atmosferei ? Răspunsul este multiplu și anume : ● *instalațiile de epurare nu au fost bine dimensionate și deci necorespunzătoare debitelor și specificului de produs al combinatelor respective, preluarea făcîndu-se în necunoștință de cauză ;* ● *instalațiile de epurare nu sînt rațional folosite sau, din motive așa-zise economice, ele sînt scoase din uz ;* ● *instalațiile de epurare sînt defcte, funcționînd sporadic sau de loc ;* ● *amplasamentul întreprinderilor nu a fost ales rațional, ignorîndu-se regulile de bază în ceea ce privește relieful solului,*

direcția vînturilor dominante, zona climatologică și altele; cea mai importantă cauză este însă lipsa personalului calificat pentru exploatarea, întreținerea și repararea instalațiilor de epurare respective.

Pentru înlăturarea în prezent și evitarea în viitor a unor astfel de situații, în continuare se vor pune la îndemîna atît celor care trebuie să conceapă, să aleagă, să recepționeze, cît și celor care trebuie să exploateze, să întrețină și să repare eventualele defecțiuni, o serie de cunoștințe dezvoltate în limita spațiului afectat prezentei lucrări.

I.2. MĂSURI PRELIMINARE RECEPȚIEI.

O preluare reușită a unei instalații, implică o bună cunoaștere a acesteia în toate amănuntele constructive și de funcționalitate. Așa cum se procedează din nefericire, la multe instalații sau aparate, preluarea limitîndu-se doar la probele de funcționare, se consideră că nu este corect și practica a arătat că, în cele mai multe cazuri, chiar la scurt timp după terminarea acestor probe, apar defecțiuni, unele din ele destul de grave, care aduc mari prejudicii în exploatare. Datorită acestor fapte se recomandă a se lua unele măsuri înainte de efectuarea probelor de recepție respective.

După cum s-a arătat mai înainte, atît în țara noastră cît și în alte țări, există o serie de reglementări care trebuie luate în considerație și respectate cu strictețe încă din faza de proiectare cînd se pune problema realizării unei investiții. Este adevărat că respectîndu-se cu strictețe aceste reglementări, se naște întrebarea dacă acestea vor putea înlătura pericolul poluării, fără a se recurge la sistarea de creșteri economice și dacă cheltuielile de combatere a poluării nu devin prea mari și nu reprezintă o serioasă constrîngere asupra resurselor necesare consumului și produsului respectiv. Fără nici o ezitare răspunsul este negativ și cele ridicate de întrebare devin realizabile și chiar rentabile dacă se iau măsurile descrise în continuare.

a. **Protecția și tehnica securității muncii.** Noțiunile de protecție și tehnică a securității muncii — după cum de altfel și toate standardele existente în lume le prevăd — nu se referă numai la muncitorii care lucrează lîngă mașină sau agregat, ci ele cuprind o sferă mult mai largă, totalizînd întreg ansamblul legat atît de perimetrul întreprinderii respective cît și a mediului care o înconjoară. Se cunoaște că produsele care sînt puse la îndemîna omului, atît pentru a-i creea confortul respectiv, cît și pentru în-

săşi asigurarea existenţei acestuia, trec printr-o gamă de prefaceri a unor materii prime care, în perioada de prelucrare, produc o serie de produse intermediare care pot deveni vătămătoare şi nu ar permite o bună desfăşurare a procesului respectiv dacă nu se creează condiţiile necesare de protejare a celor care iau parte la acest proces sau, mai concret spus, dacă nu se creează o protecţie şi o tehnică de securitate a muncii.

Pentru aceasta însă, personalul care va deservi aparatele şi instalaţiile respective trebuie să cunoască la perfecţie regulile principale privind întreţinerea încăperilor de lucru din punct de vedere sanitar, al igienei personale şi regulile cu privire la protecţia muncii şi tehnica securităţii acesteia. Totodată utilajele trebuie să funcţioneze în condiţii normale şi în scopul pentru care au fost prevăzute. Dar măsurile de protecţie şi securitate a muncii trebuie luate de asemenea şi în perioada de pregătire a recepţiei.

Înainte de a începe această operaţie, toate resturile şi deşeurile de pe şantier şi din incinta sălilor de lucru trebuie îndepărtate, creîndu-se spaţiul de acces uşor la fiecare agregat sau aparat. Apoi: ● *să se verifice dacă contactele electrice de forţă, lumină şi ventilaţie sînt întrerupte;* ● *să se verifice dacă s-au creat condiţiile de recepţie prin aerisirea încăperilor şi curăţirea acestora;* ● *culoarele dintre maşini trebuie să fie în mod obligatoriu libere;* ● *distanţele de trecere trebuie să corespundă condiţiilor prevăzute în reglementările de protecţie şi tehnica securităţii muncii;* ● *se va verifica dacă personalul care va lua parte efectivă la probele de recepţie este instruit corespunzător şi cunoaşte bine regulile de protecţie şi tehnică a securităţii muncii;* ● *se va verifica dacă la locurile de muncă ale fiecărui muncitor şi în special la cele mai periculoase sînt afişate instrucţiuni şi expuneri vizuale privind aceste reguli;* ● *se va verifica dacă personalul este echipat cu echipamentul corespunzător prevăzut specificului de lucru din sala şi pentru maşina respectivă;* ● *se va verifica dacă inspectorii tehnici care îndrumează, coordonează şi controlează activitatea în domeniul protecţiei şi tehnicii securităţii muncii pe toate ramurile de activitate din întreprindere sînt prezenţi la locurile respective.*

b. **Protecţia împotriva incendiilor.** După cum se cunoaşte din practică, ponderea poluanţilor de care trebuie epurat aerul atmosferic o prezintă prafurile şi gazele nocive. Datorită specificului acestor poluanţi şi măsurile de epurare diferă de la caz la caz. Unele aparate pentru colectarea prafurilor, cum sînt filtrele electrice, sau altele care lucrează în medii umede, utilizînd în proce-

sul de epurare diferiţi produşi chimici, dacă nu se iau măsurile necesare sînt oricînd susceptibile de incendiu.

Cauzele care pot provoca astfel de incenddii constau din : ● *defectări ale utilajelor de epurare cu degajări spontane de căldură care depăşeşte temperatura de aprindere a poluantului de epurat ;* ● *ruperi de conducte sau neetanşeităţi la conductele care transportă gaze pentru epurare, care în contact cu suprafeţele cu temperaturi care depăşesc temperatura de aprindere a acestora pot lua foc ;* ● *scurtcircuitări la instalaţiile electrice, în special la filtrele electrice ;* ● *depăşirea capacităţii de rupere a întrerupătoarelor automate sau din cauza depunerii de praf peste acestea ele nu mai funcţionează ;* ● *acţiuni greşite de exploatare legate de prezenţa persoalului în instalaţii (manevre greşite, neglijenţe, fumatul în zonele interzise, efectuarea de suduri în locuri necorespunzătoare, reaua voinţă etc.) ;* ● *cauze externe naturale (lovituri de trăsnet, autoaprinderea prafurilor şi gazelor epurate).*

Normativul pentru proiectarea şi executarea construcţiilor din punctul de vedere al prevenirii incendiilor, (N.P.S.I.) stabileşte, printre altele, următoarele **încadrări ale componentelor din punctul de vedere al amplasării instalaţiior :**

1) *Categoria A (pericol maxim) :* depozite de hidrogen, staţii de electroliză pentru hidrogen, camere de încărcat acumulatoare, staţii de compresoare pentru gaze combustibile, depozite de benzină.

2) *Categoria B :* staţii de concasare a cărbunelui, depozite de cărbune praf uscat, gospodării de păcură şi motorină.

3) *Categoria C :* staţii de descărcare, depozitare şi instalaţii de transport pentru cărbune granulat, gospodării de lichide combustibile cu temperatura de inflamabilitate peste 120°C, depozite de acizi.

4) *Categoria D :* săli de maşini rotative, încăperi de vaporizatoare şi degazare, ateliere de întreţinere auto.

5) *Categoria E :* ateliere de reparaţii electrice, camere de comandă, staţii de tratare a apei, încăperi pentru compresoare şi suflante de lichide necombustibile, magazii de materiale inflamabile.

Se va vedea dacă la amplasarea instalaţiilor de epurare a aerului s-a ţinut seama de distanţele impuse de normativele P.S.I. faţă de toate categoriile de construcţii arătate mai înainte.

Se va vedea dacă s-au luat măsurile de prevenire a incendiilor prin dotarea instalaţiilor de epurare a aerului cu aparatele necesare ca : reţea de stingere cu apă sub presiune, dispozitive interioare de stingere cu apă sau abur, dispozitive de insuflare cu

Scanned with OKEN Scanner

abur, instalații de stingere fixe cu spumă de CO_2-abur, instalații de stingere cu CO_2.

c. **Modul de execuție a recepției:** *dacă acestea corespund scopului pentru care au fost cerute; dacă s-au respectat prevederile privind condițiile speciale în care vor lucra; dacă s-au utilizat materialele corespunzătoare scopului acestora; dacă s-au respectat dimensiunile de gabarit impuse de spațiile prevăzute în proiectul inițial; dacă sînt prevăzute cu toate dispozitivele și mecanismele de protejare a personalului; dacă execuția este îngrijit făcută și s-au respectat condițiile de etanșeitate, protecția contra coroziunii în funcție de mediul în care vor lucra; dacă sînt concepute cu acces ușor în vederea reparațiilor sau reglărilor necesare în timpul exploatării, acestea nepunînd în pericol viața celor care trebuie să le execute; dacă sînt prevăzute cu toate elementele de asamblare în fluxul de lucru al ansamblului din care fac parte. Datorită mediului în care vor lucra astfel de agregate (multe din ele lucrînd afară sub cerul liber), materialele utilizate trebuie să îndeplinească anumite condiții.*

Se va verifica:

1) *Dacă s-au făcut probele* necesare cu materialul utilizat la confecționarea lor și anume: oțelul pieselor care lucrează sub presiune (virole, tamburi, funduri, țevi etc.) este un produs elaborat în conformitate cu cerințele de utilizare a aparatului respectiv (ușor corosiv, cu pori etc.).

2) *Dacă mărcile oțelului și tablei* utilizate la confecționare satisfac în ceea ce privește proprietățile mecanice și încercările tehnologice prevăzute la standardele respective.

3) *Dacă materialul* prezintă omogenitate structurală și nu are incluziuni străine datorită modului de fabricare.

4) *Dacă compoziția chimică a materialului* din care au fost confecționate corespunde scopului utilizării.

5) *Dacă țevile* folosite sînt trase și corespund prevederilor standardului respectiv, în general secțiunea circulară trebuie să fie netedă, atît la suprafața interioară, cît și la cea exterioară.

6) *Dacă organele de asamblare* niturile și șuruburile respective sînt executate din material corespunzător, rezistent la coroziune, gaze și agenți externi, mai ales la cele care lucrează în aer liber.

7) *Dacă electrozii* folosiți la sudarea părților de agregate, mai ales la sudarea manuală au învelișul corespunzător în ceea ce privește compoziția chimică și caracteristicile mecanice.

8) *Dacă sîrma de sudură* folosită la sudarea cu flacără oxiacetilenică are de asemenea compoziţia chimică şi caracteristicile mecanice corespunzătoare standardelor în vigoare (se admite la astfel de sudare întrebuinţarea ca material de aport a vergelelor confecţionate din acelaşi material ca şi subansamblele care se sudează).

9) *Dacă* în cazul sudării oxiacetilenice, *acetilena este pură*: carbidul trebuie să îndeplinească condiţiile standardului respectiv. Oxigenul folosit nu trebuie să conţină ma imult de 3‰ impurităţi

10) *Dacă canalele de fum* care conduc gazele arse de la cazane la instalaţiile şi agregatele de epurare sînt prevăzute cu orificii destul de mari pentru accesul în vederea curăţirii.

11) *Dacă deschiderile pentru vizitarea şi curăţirea canalelor de gaze şi ale conductelor situate la înălţimi mari* sînt prevăzute cu podeste bine fixate şi cu scări fixe pentru urcare şi coborîre.

12) *Dacă grinzile metalice ale construcţiei de încadrare a agregatelor şi instalaţiilor de epurare* sînt montate astfel încît să nu poată fi supraîncălzite îngreuind sau făcînd imposibil accesul pentru întreţinere în perioada funcţionării.

13) *Dacă armăturile care deservesc aparatele de epurare* (în special al celor care lucrează cu lichide) sînt executate robust şi sigur în funcţionare. Aşezarea lor trebuie să permită un acces uşor în vederea unui control eficace în timpul exploatării.

14) *Dacă toate armăturile sînt montate pe racorduri sau piese de prindere* fixate direct pe corpul aparatului prin nituire, sudură sau înşurubare.

15) *Dacă fiecare aparat* este prevăzut de către firma furnizoare cu o placă metalică fixată pe corpul acestuia pe care trebuie să fie indicat sumar: ● firma constructoare; ● anul fabricaţiei; ● numărul aparatului; ● caracteristicile de funcţionare (presiune de regim, temperatură de lucru etc.)

16) *Dacă izolarea contra îngheţului a conductelor de apă* care alimentează aparatele de epurare care lucrează în aer liber este corectă.

I.3. VERIFICAREA EXECUTĂRII CONFORM PREVEDERILOR DIN PROIECT ŞI CARTEA TEHNICĂ A APARATELOR, AGREGATELOR SAU INSTALAŢIILOR

Odată terminată verificarea legată de prevederile reglementărilor în vigoare privind protecţia şi tehnica securităţii muncii, cît şi a acelora privind execuţia aparatelor care lucrează la epurarea

aerului atmosferic, se va trece la a doua parte a verificării prerecepţionale legată de modul cum s-au respectat prevederile din proiect şi din cartea maşinii, şi anume cele descrise în continuare :

a. **Verificarea caracteristicilor constructive.** Instalaţiile, respectiv agregatele pentru protejarea aerului atmosferic, în general sînt grupate într-un spaţiu restrîns şi amplasate în locuri, cît mai protejate, ele făcînd totuşi parte integrantă din fluxul tehnologic al întreprinderii respective. Aceste instalaţii trebuie incluse în acest flux de aşa manieră încît să corespundă întru totul eficacităţii lor. De obicei ele se află fie la sfîrşitul fiecărui flux, fie la finele fluxului tehnologic general, cînd această situaţie este permisă, fie la sfîrşitul fiecărui flux tehnologic al unor secţii atunci cînd acest lucru este impus de considerente speciale de protecţia şi tehnica securităţii muncii. Ele trebuie totuşi amplasate de aşa manieră încît să nu stînjenească producţia respectivă.

Toate aceste considerente, de altfel, sînt legate de elaborarea proiectului şi nu se va insista asupra lor.

În faza de prerecepţionare ,adică de pregătire a probelor de preluare, se va urmări :

1) *Dacă au fost respectate toate caracteristicile prevăzute în proiect asupra tipului ales, forma propusă şi scopul în care va fi utilizat aparatul sau instalaţia respectivă şi anume :* dacă tipul este cel prevăzut în proiect ; dacă are forma respectivă şi dacă a fost amplasat pe locul indicat. Pentru aparatele executate la uzinele din ţară sau cele executate pe şantier, se va vedea dacă s-au respectat recomandările din proiect şi dacă execuţia a fost efectuată cu îngrijire, în special la părţile sudate. La conductele de legătură, în special acelea cu pereţi subţiri, se va verifica să nu fie montate cu îndoituri, lovituri sau deformări produse în timpul transportului sau montajului, întrucît aceste denivelări faţă de axa conductelor produc mari neajunsuri în funcţionare la circulaţia fluidelor putînd duce chiar pînă la înfundare. Întrucît aceste conducte lucrează fie la presiuni mai mari decît cea atmosferică, fie la depresiuni, se recomandă să fie executate de formă circulară, deoarece în cazul în care sînt executate sub alte forme (cu secţiune dreptunghiulară, pătrată sau poligonală), datorită presiunii sau depresiunii ele tind să revină la forma cilindrică (cu secţiune circulară) şi se deformează în timpul funcţionării.

2) Se va verifica dacă la şaibele de asamblare s-au făcut etanşările prescrise în proiect şi s-a respectat ordinea de asamblare, unghiurile şi razele de racordare respective.

3) Se va verifica dacă izolațiile sau măsurile contra coroziunii s-au executat conștiincios și s-a utilizat materialul prescris așa cum s-a prevăzut.

4) Se va verifica dacă vopselele și materialul anticorosiv utilizat nu sînt sensibile la temperaturi joase și nu poate da naștere la incendii.

5) Se va verifica dacă fundațiile sînt construite conform prevederilor din proiect și s-au luat măsurile contra trepidațiilor și zgomotului (în special la ventilatoare și suflante).

6) Se va verifica dacă instalațiile de evacuare a prafului sau nămolurilor sînt executate conform prevederilor din proiect și dacă s-au luat măsurile de siguranță respective.

7) La conductele de alimentare cu apă a agregatelor care lucrează în mediu lichid, se va verifica dacă s-au făcut izolațiile contra înghețului pentru acelea care lucrează în afara clădirilor.

8) Se va verifica dacă dimensiunile materialelor din care sînt confecționate agregatele sînt corespunzătoare celor din proiect și dacă înainte de utilizare materialul a fost supus la probele respective. Se vor controla certificatele care atestă aceste probe în uzina constructoare. Se atrage atenția în mod cu totul special asupra acestei operații, deoarece chiar dacă dimensiunile fizice corespund, de multe ori materialul utilizat la confecționare nu este verificat și din punctul de vedere al mediului în care lucrează agregatul respectiv (material cu conținut ridicat de fosfor, sulf etc.), producîndu-se coroziuni accentuate și rapide ducînd pînă la scoaterea din funcțiune în scurtă vreme a agregatului respectiv (scrubere, coloane cu umpluturi, cicloane cu peliculă de apă, dezintegratoarele, aparatele cu spumă, turnurile de absorbție și adsorbție etc.).

Se atrage în mod special atenția asupra coroziunii deoarece rezistența metalului la coroziune depinde de însăși natura acestuia, de compoziția mediului și de condițiile în care decurge coroziunea. Pe măsură ce se schimbă condițiile rezistența metalului la coroziune se mărește sau se slăbește. De exemplu :

— metalele feroase în soluții concentrate de acid sulfuric sînt perfect stabile, în timp ce soluțiile diluate ale acestui acid corodează intens fierul ;

— la temperatura camerei fierul rezistă la coroziune chiar în condiții de sodă caustică concentrată, dar la temperaturi de ordinul 200—300°C se observă coroziunea alcalină intensă a fierului chiar la o concentrație relativ mică de NaOH (de ordinul 5—10%) ;

— în soluțiile care conțin amoniac și oxigen cuprul și alama se corodează intens, în timp ce metalele feroase nu se corodează sub acțiunea amoniacului.

Viteza admisă a coroziunii este aceea care nu periclitează siguranța exploatării și nu duce la scăderea rezistenței mecanice a utilajului înainte de expirarea duratei de funcționare.

Verificările practice arată că centrele inițiale ale coroziunii apar mult mai tîrziu pe suprafețe netede și polizate decît pe suprafețele ruguoase. Suprafețele cadrelor, țevilor și aparatelor care sînt supuse unor acțiuni care modifică structura stratului superficial (de exemplu frecarea locală a suprafeței, lovirea cu ciocanul etc.) sînt atacate mai ușor de coroziune. Neomogenitatea structurală a materialului din care se confecționează aparatele influențează de asemenea în mare măsură procesul de coroziune.

Dintre factorii externi care influențează viteza și repartiția coroziunii face parte și mediul în care lucrează aceste aparate. În multe cazuri mediul exterior are o influență mult mai mare asupra vitezei de coroziune decît compoziția sau starea metalului. Oxigenul are o influență dublă asupra vitezei de coroziune. În funcție de concentrația oxigenului predomină în unele cazuri acțiunea asupra coroziunii. Cele mai răspîndite forme de coroziune a fierului în apa care conține oxigen se manifestă prin perforarea materialelor. În apa care nu conține oxigen fierul se dizolvă formînd oxid feros.

Bioxidul de carbon liber produce creșterea concentrației ionilor de hidrogen în soluție și creează posibilitatea separării hidrogenului, ceea ce contribuie mult la activitatea procesului de coroziune.

În soluțiile sărurilor coroziunea are un caracter electro-chimic bine pronunțat, deci o dată cu creșterea concentrației sărurilor crește și viteza de coroziune.

Coloizii organici dizolvați în apă au o acțiune încetinitoare destul de accentuată asupra coroziunii.

Curenții termici (apa de alimentare, aburul supraîncălzit, gazele de ardere, fumul) au o influență specifică asupra caracterului și intensității procesului de coroziune.

S-a insistat asupra procesului de coroziune deoarece cea mai mare parte din aparatele și instalațiile utilizate la protejarea atmosferei lucrează în mediile corozive arătate mai înainte.

9) La filtrele electrice se va verifica verticalitatea și orizontalitatea electrozilor de depunere, a celor de imersie și a plăcilor, deoarece, în cazul în care acestea nu sînt respectate cîmpurile

electrice nu sînt uniforme și randamentele scontate nu vor fi corespunzătoare.

10) La coloanele cu umplutură și scrubere se va verifica dacă materialele de umplutură corespund calitativ și dimensional cu cele prevăzute în proiect, dacă sînt așezate corect, dacă nu sînt sparte și dacă s-a respectat grosimea straturilor și ordinea de așezare.

11) Se va verifica dacă la agregatele care au înălțimi constructive mari (filtre electrice, cicloane, coloane cu umplutură, scruberele etc.) s-au executat mijloacele de acces și deservire ca: scări, podeste, guri de vizitare, balustrade de protecție așa cum prevăd prescripțiile proiectului și dacă acestea prezintă securitatea cerută, adică dacă sînt suficient de robuste și au păstrat dimensiunile gabaritice din proiect.

12) La aparatele care lucrează cu medii filtrante (filtrele cu țesături) se va verifica dacă țesătura utilizată la mîneci are caracteristicile prevăzute în proiect și dacă execuția acestora a respectat dimensiunile date și este făcută conștiincios. Se vor verifica certificatele de probă a acestor țesături înainte de montarea în agregate. O deosebită atenție trebuie dată la acest fel de aparate privind numărul de ochiuri și mărimea acestora pe unitatea de suprafață, deoarece acest lucru influențeanză primordial randamentul.

13) La aparatele care lucrează pe principiul detentei, șocului și impactului, care de obicei se execută din materiale de construcție (cărămidă, beton, blocuri expandate etc.), se vor verifica cu cea mai mare strictețe dimensiunile interioare și modul de execuție. Se atrage atenția că pereții acestor aparate trebuie să fie bine lustruiți, fără asperități și bine uscați deoarece dacă aceste măsuri nu sînt respectate circulația fluidului este influențată de acestea și randamentul scade vertiginos.

14) Se va verifica dacă fiecare agregat sau aparat are cartea tehnică cu toate caracteristicile respective și instrucțiunile de funcționare descrise pe larg. În cazul în care acestea nu au fost trimise sau s-au pierdut cu ocazia transportului, se vor lua măsuri să se procure imediat. Aceste documente trebuie să se găsească în permanență la aparatul respectiv, iar cei care îl deservesc să știe unde sînt și să le cunoască în amănunțime.

15) Se va verifica de asemenea dacă aparatul sau agregatul respectiv are montate toate aparatele de control prevăzute în proiect și dacă posedă trusa de scule necesare eventualelor reglaje sau reparații locale, care se pot executa la locul de funcționare.

Scanned with OKEN Scanner

16) La utilajele rotative (pompe de lichid, suflante de aer, ventilatoare, aspiratoare de fum etc.) trebuie să fie prezentate certificatele de încercare la bancul de probă în uzina constructoare.

17) Pentru instalațiile de reglaj și protecție, probele de fabrică trebuie să ateste încercarea lor pe viu sau modelarea condițiilor de funcționare. În afară de aceasta, se va verifica dacă aceste utilaje sînt reglate din punct de vedere al axialității, stabilității, dacă paletele nu prezintă deteriorări, carcasa nu prezintă lovituri, deformări sau găuri din cauza unei defectuoase manipulări cu ocazia transportului și a montajului.

18) Se va verifica dacă utilajele montate corespund debitelor de fluid, presiunilor, temperaturii fluidului, turației și dacă diametrele exterioare corespund cu datele care au fost specificate în proiecte.

19) În cazul în care a fost necesară montarea a două sau mai multe aparate rotative în serie, în special ventilatoare (aspiratoare de fum, exhaustere etc.), se va examina dacă s-a respectat schema propusă de proiectant (montarea directă unul după altul, montare la o anumită distanță unul de altul, astfel încît între ele să fie cîte o porțiune de rețea, unul din astfel de aparate se montează la capătul rețelei).

20) Se va examina dacă, atunci cînd s-a prevăzut montarea în serie a două sau mai multe astfel de aparate, creșterea presiunii statice este egală cu suma presiunii totale a primului aparat și a presiunii statice a celorlalte, mai puțin pierderea de presiune din sectorul dintre ele.

21) În cazurile în care a fost necesară montarea în paralel a două sau mai multe astfel de aparate, cum se întîmplă foarte des în practică, în scopul măririi debitului de gaz (aer) a unei instalații de epurare, sau cînd cantitatea de gaz (aer) este atît de mare, încît debitul instalației nu poate fi asigurat de un singur agregat, ori cînd debitul de gaz (aer) este alternativ în rețea, trebuie avut în vedere: ● să fie exclusă posibilitatea pompajului; ● să fie exclusă posibilitatea de apariție în vreun aparat a debitelor negative, dacă caracteristicile lor sînt asemănătoare, adică toate aparatele debitează gaz (aer) în rețea.

În ceea ce privește acționarea instalațiilor de transport al gazelor de epurat a ventilatoarelor de aer, exhaustoarelor, aspiratoarelor de fum și suflantelor se utilizează cel mai des motoare electrice. Acționarea acestor motoare se realizează fie prin cuplare directă, fie cu ajutorul unor transmisii intermediare (reductoare, cuplaje hidraulice, curele trapezoidale). Se știe că turațiile normale

ale motoarelor electrice depind de numărul de poli ai motorului și de frecvența curentului (50 Hz). În funcție de mediul unde vor lucra aceste motoare, ele sînt simple sau capsulate adică ermetic închise (cazul mediului umed și cu mult praf).

Funcționarea sigură și constantă a motoarelor electrice are o importanță deosebită; de aceea în faza de pregătire a recepției se va da o mare atenție, verificîndu-se: ● *dacă motorul este cel de tipul prescris în proiect și se încadrează în caracteristicile necesare (putere, turație, randament, cos φ, greutate etc.);* ● *dacă este axat perfect cu axul aparatului respectiv și dacă cuplarea s-a făcut cu sistemul de cuplaj prevăzut;* ● *dacă s-au luat toate măsurile de protecție în vederea siguranței de funcționare;* ● *dacă motorul are pe el placa cu toate caracteristicile respective (producătorul, anul de fabricație, puterea, tipul etc.).*

La sistemul de evacuare a reziduurilor (prafului sau nămolurilor), se va verifica dacă este montat cel care a fost prevăzut în proiect și dacă s-au respectat măsurile de luat și anume: ● *dacă praful colectat în momentul cînd se scoate din buncărul respectiv nu se răspîndește din nou în atmosferă;* ● *dacă noroaiele rezultate după epurare se transportă fără a infecta incinta întreprinderii pînă la locul de depunere.*

O atenție deosebită trebuie dată la depunerile care se formează pe dispozitivele și conductele de evacuare, în special la sistemele umede (nămoluri), deoarece aceste depuneri, după specificul lor, pot creea mari neajunsuri dacă la alegerea sistemului nu s-a ținut seama de ele. Datorită schimbărilor de căldură compoziția chimică și structura fizică a acestora este destul de variată și este caracterizată prin depuneri de carbonați, de sulfați, de silicați și depuneri mixte. În afară de acestea și alte săruri metalice alcalino-pămîntoase mai intră în componența acestor depuneri: oxizi de fier, aluminiu, sodiu, cupru, substanțe organice și apa de hidratare și de cristalizare. Oxizii de fier (Fe_2O_3; Fe_3O_4) care se formează prin coroziunea metalelor poate să oscileze în depuneri în limite foarte largi, atingînd în unele cazuri 70—90%. Dacă nu se iau măsurile respective, aceste depuneri duc la reducerea randamentului instalațiilor și pot ajunge pînă la înfundarea totală a conductelor, deci scoaterea din funcțiune a aparatelor și agregatelor respective.

Acolo unde aceste reziduuri sînt materiale recuperabile, se va vedea dacă s-au luat măsurile necesare pentru depozitarea lor în bune condiții și nu devin un nou focar de viciere a atmosferei.

Odată terminată verificarea din punct de vedere al amplasării utilajelor pentru epurare, al montajului acestora în fluxul tehnologic al întreprinderii respective, se va trece la partea a doua a verificării înaintea preluării și anume :

b. **Verificarea caracteristicilor de funcționare**

1) *Capacitatea nominală a agregatelor sau instalațiilor,* adică dacă în conformitate cu certificatele de fabricație, cărțile tehnice ale aparatelor și instrucțiunilor de funcționare, aceasta este cea prevăzută în proiect și corespunde din punct de vedere al totalului necesar pe întreprindere, mai ales acolo unde sînt mai multe instalații de epurare și de tipuri diferite.

2) *Dacă, în cazul unui efort maxim a producției întreprinderii respective, instalațiile se pot adapta ușor și care este capacitatea maximă la care se pot utiliza fără a reduce din gradul de eficacitate al scopului pentru care au fost concepute.* Acest lucru este foarte important deoarece în cazul în care nu există posibilitatea acoperirii unui grad de mărire eventual al producției, ele se pot înfunda, ceea ce creează mari inconveniente în procesul de epurare, iar pe timpul opririi pentru desfundare — atunci cînd epurarea este prevăzută numai printr-un singur sistem — toate impuritățile rezultate din procesul tehnologic al întreprinderii vor fi evacuate în atmosferă. Cunoscîndu-se exact capacitatea maximă pînă la care se pot utiliza aceste instalații, se poate regla și gradul maxim de forțare a producției. Se atrage atenția că astfel de înfundări pot duce pînă la deteriorarea instalațiilor, fiind necesare reparații care vor cere timp și cheltuieli neprevăzute.

3) *Se va verifica dacă, după instrucțiunile de funcționare date de furnizori, pierderile de presiune pe canale, conducte și în aparate, însumate, nu depășesc pe cele prevăzute în proiect și dacă aparatele de transport al fluidului (pompe, ventilatoare, exhaustoare) pot acoperi eventualele creșteri ale pierderilor de presiune din cauza considerentelor constructive.* Deoarece în cazul unei forțări a producției de care s-a vorbit mai înainte se mărește și debitul instalațiilor de epurare, se amintește că o dată cu această mărire procentul creșterii pierderilor de presiune este mai mare decît cel al creșterii producției și se ajunge la consumuri specifice ridicate în energie și alți factori care concură la funcționare. Tot la acest capitol se va verifica dacă racordările și coturile au raza prescrisă din proiect, deoarece nerespectarea acestui considerent

are de asemenea influenţe dăunătoare, atît la pierderile de presiune, cît şi la o bună circulaţie a fluidului de epurat.

4) *Viteza maximă şi minimă a fluidului în conducte şi în aparate are iarăşi o importanţă deosebită în exploatare deoarece o viteză mai mare decît cea prescrisă în proiect supune întreaga instalaţie de epurare la eforturi mai mari şi deci gradul de uzură creşte proporţional.* Pe de altă parte, creşterea vitezei peste limitele prevăzute în proiect poate influenţa defavorabil gradul de eficienţă, şi poate duce la distrugerea unor părţi din instalaţie (pînzele la filtrele cu saci, reducerea procesului de ionizare la filtrele electrice etc.). La unele aparate cum sînt camerele de depunere, depăşirea vitezei prescrise poate duce chiar la inversarea procesului de epurare, creînd turbulenţe în loc de depuneri.

O viteză prea mică este de asemenea dăunătoare, reducînd gradul de eficienţă şi debitul putînd duce la înfundări de conducte prin depuneri în locuri neprevăzute.

Din rezultatele obţinute în practică, rezultă că viteza cea mai potrivită a gazelor pentru epurare este cuprinsă între 5 şi 8 m/s. Prin depăşirea acestei viteze se poate produce ruperea peliculei de apă la filtrele care lucrează în domeniul umed, ceea ce duce la o funcţionare necorespunzătoare a aparatului respectiv şi la un consum neraţional de apă.

Respectarea vitezei de circulaţie a gazelor este foarte importantă în special la centralele electrice ale căror gaze de epurat conţin mari cantităţi de cenuşă zburătoare.

O reducere sub limită a vitezei de circulaţie a gazelor de evacuat poate de asemenea influenţa tirajul coşurilor cu toate inconvenientele ce decurg din aceasta. În vederea reglării vitezei gazelor din canale şi conducte, se va verifica dacă au fost montate şuberele respective şi la locurile indicate în proiect.

La instalaţiile de epurare care sînt sub acţiunea tirajului natural, se va verifica dimensiunea gurii de ieşire a coşului şi înălţimea acestuia deoarece acestea au cea mai mare influenţă asupra vitezei de circulaţie a gazelor de epurat. La acest sistem va trebui dată o mare atenţie la verificarea instalaţiilor, deoarece datorită unor factori externi din atmosferă apar frecvente variaţii de viteză, care pot aduce mari inconveniente întregului sistem de epurare a întreprinderii respective.

În ceea ce priveşte eficienţa instalaţiilor la capacitatea nominală şi capacitatea maximă, aceasta este funcţie de asemenea de felul de circulaţie propus în proiect, adică tiraj natural şi tiraj forţat. La alegerea instalaţiilor de epurare nu trebuie să se ţină

seamă numai de realizarea debitului necesar și a presiunii maxime. Cel mai important lucru la aceste instalații este realizarea unei eficiențe maxime cu un randament suficient de ridicat la debite variabile, precum și ușurința și siguranța reglării instalațiilor propriu-zise și, în fine, costul redus al organelor de reglare.

La tirajul natural operația aceasta nu ridică probleme economice importante, ea limitîndu-se la variația rezistenței hidraulice a traseului gazelor și prin variația tirajului coșului cu ajutorul șuberelor. Singurul lucru important este concepția coșului de fum care trebuie să asigure tirajul suficient pentru debitul maxim al agregatelor care produc gazele ce trebuie epurate.

În cazul tirajului forțat direct, variația presiunii se face prin variația condițiilor de funcționare a ventilatoarelor, aspiratoarelor de fum, exhaustoarelor etc., știindu-se că variația debitului de gaze este aproximativ proporțională cu variația debitului agregatelor care produc gazele respective de epurat.

Variația rezistenței la trecerea gazelor prin canale și conducte este aproximativ proporțională cu pătratul debitului.

În ceea ce privește temperatura maximă de regim, se știe că astfel de aparate și instalații de epurare a gazelor se aleg de obicei pentru o temperatură anumită a gazelor respective. Datorită acestui fapt, se va verifica dacă aparatele care vor concura la epurarea gazelor din întreprinderea respectivă au fost montate ținîndu-se seama de această cerință (de exemplu nu se vor admite filtre cu țesături acolo unde temperatura gazelor depășește limita de rezistență a țesăturii din care sînt confecționate pînzele).

c. **Verificarea caracteristicilor dimensionale și de gabarit.** Caracteristicile dimensionale a unor aparate și instalații au o mare importanță la alegerea lor în perioada de proiectare, deoarece tehnologiile moderne către care tinde tehnica actuală cer un spațiu cît mai restrîns și eliminarea în totalitate a unor suprafețe neutilizabile. Prin respectarea acestui considerent, se reduce volumul construcțiilor respectiv costul investițiilor, reducîndu-se în același timp și consumul de materiale de construcții care au început deja să fie din ce în ce mai deficitare.

Nu mai vorbim de economia de metal și în special de metale speciale, din care se construiesc de obicei aparatele și instalațiile folosite la epurarea aerului atmosferic.

Astfel :

1) *La verificarea prerecepțională se va vedea dacă s-a ținut seama de aceste prevederi și dacă în adevăr utilajele instalate respectă gabaritul preconizat.*

2) *Se va verifica de asemenea dacă racordurile aparatelor și instalațiilor (aer sau gaze de epurat, apa sau fluidul de umidificare și de transport a reziduurilor forță și lumină) au fost făcute la locurile indicate în proiecte dacă conductele sînt rațional trasate și permit un acces lejer la punctele de asamblare, cît și în jurul aparatelor în perioada de funcționare și întreținere.*

3) *Se va verifica dacă s-au lăsat spațiile necesare de depozitare a unor părți din aparatul respectiv sau a unor piese mari în cazul unor reparații, iar traseul conductelor de racord nu influențează aceste spații și permit o ușoară manevră a celor de mai sus.*

4) *Se va verifica dacă s-au lăsat căile de acces necesare pentru evacuarea materialelor, părților din aparate sau materialelor care se înlocuiesc și această operație nu împiedică sau îngreuiază fluxul tehnologic și de producție a întreprinderii respective.*

5) *Se va vedea dacă la conductele de legătură, al căror traseu se află la înălțime, s-au luat măsurile și s-au lăsat spațiile necesare pentru montarea unor scări mobile pentru accesul la acestea în cazuri de reparații sau de înlocuiri.*

6) *Se va verifica dacă diametrele și grosimea flanșelor de racord sînt corespunzătoare cu prevederile din proiect din punct de vedere al rezistenței lor, dacă numărul de șuruburi de asamblare este corespunzător și dacă asamblarea la aparatele de epurare este făcută etanș cu garniturile corespunzătoare.*

7) *La conductele prin care circulă gaze, aer sau alte fluide cu temperatură care depășește gradul de acces normal, se va vedea dacă s-au izolat termic corespunzător porțiunile respective.*

8) *La racordurile de forță și lumină, se va vedea dacă s-au luat toate măsurile de înlăturare a oricărui pericol în perioada de funcționare, instalîndu-se legăturile la pămînt corespunzătoare, dacă s-au instalat aparate capsulate prevăzute cu cutii de protecție și dacă s-au montat semnele vizuale de atenționare a acestor puncte.*

9) *Întrucît aparatele de epurare necesită revizii periodice în tot timpul procesului tehnologic, iar costul funcționării lor este calculat separat de costul funcționării instalațiilor întreprinderii se va vedea dacă s-au instalat contoare separate pentru a se putea urmări consumurile specifice de energie electrică, apă și alte utilități necesare funcționării în bune condiții a acestora.*

10) *Deoarece apa devine din ce în ce mai mult o problemă importantă în unele întreprinderi (chimice, metalurgice, materiale de construcții etc.) și în special acolo unde instalațiile de epurare lucrează în medii umede folosind cantități însemnate de apă,*

se va verifica dacă s-au făcut instalațiile respective pentru recircularea apei în acest fel de aparate. Acest lucru se va accepta numai acolo unde procesul de recirculare a apei nu are influență negativă asupra procesului de epurare.

11) La instalațiile de epurare unde reziduurile colectate se recuperează, se va verifica dacă s-au luat măsurile necesare și corespunzătoare unui transport rapid și economicos. Se va verifica dacă s-au prevăzut căile de acces necesare acestuia.

d. **Măsuri necesare pe timpul verificării.** A arăta în amănunt fiecare operație pe care trebuie s-o îndeplinească o comisie de recepție la preluarea unei instalații, înseamnă întocmirea unui normativ, ceea ce nu poate fi realizat în lucrarea de față.

În cele tratate mai înainte s-a căutat să se traseze o linie generală pe care trebuie s-o urmeze cei care au sarcina de a lua în primire instalațiile de protejare a aerului atmosferic pentru că, din cele constatate, în practică acest lucru nu se face și se trece de obicei direct la probele de preluare. Evidențiem acest fapt întrucît tot practica a arătat că în perioada achiziției utilajelor se fac o serie de modificări la proiect, din motive uneori obiective alteori mai puțin obiective, iar proiectantul atunci cînd este anunțat nu are întotdeauna posibilitatea de a da un răspuns prompt, dar de cele mai multe ori nu este întrebat în timp util și modificarea față de proiect se face totuși.

Datorită penuriei unor materiale, uzinele constructoare ale aparatelor nu dispun de sortul de materiale cerut de proiectant, atît din punct de vedere calitativ, cît și dimensional, și se înlocuiesc unele materiale și aparate fără a se mai cere avizul proiectantului.

În ceea ce privește probele de material în uzina constructoare, mai ales atunci cînd se fac înlocuiri față de proiect, acestea nu se fac fie din cauza planului de lucru încărcat al uzinei, fie din lipsa dotării acesteia cu aparatele necesare corespunzătoare.

Încercările de funcționare la bancul de probă în uzinele constructoare se execută doar atunci cînd beneficiarul acestor aparate are un reprezentant în uzină ; în cazul în care acesta lipsește, probele nu se mai fac, deși ele sînt absolut necesare, mai ales pentru aparatele care se execută pentru prima dată, fiind unicate. Întrucît de obicei proiectul aparatului respectiv este întocmit de o unitate, iar execuția este făcută de alta, apar întotdeauna nepotriviri, fie din lipsa utilajelor din dotarea executantului pentru aparatele prevăzute în proiect, fie din unele scăpări inerente pe timpul proiectării. Adaptarea acestora deși trebuie fă-

cută de ambii concurenți la realizarea aparatului respectiv, acest lucru nu este totdeauna posibil.

Un factor de asemenea foarte important care trebuie luat în considerație în perioada pregătitoare recepției este următorul: deși proiectantul, pe baza datelor pe care le are, determină caracteristicile de bază ale aparatului respectiv, nu întotdeauna aceste aparate se proiectează ca unicate pentru fiecare caz în parte și nici nu este recomandabil acest lucru. De obicei se consultă, cataloagele și prospectele firmelor producătoare de specialitate și se alege aparatul cu caracteristicile cele mai apropiate față de cel rezultat din calcul. Cum majoritatea firmelor care vînd astfel de aparate urmăresc în primul rînd scopul comercial, în descrierile din prospectele respective se fac unele exagerări în ceea ce privește unii parametri și, atunci cînd proiectantul nu are posibilitatea să verifice aparatele respective, este obligat să accepte datele din prospecte. Datorită acestor considerente, de multe ori, în perioada montajului, apar modificări față de prevederile din proiect, care trebuie neapărat verificate înainte de începerea probelor de recepție și făcute adaptările cuvenite atunci cînd este cazul.

Se ivesc de asemenea cazuri destul de frecvente cînd după terminarea proiectului general, din diferite motive, apar modificări la fluxul tehnologic al procesului de fabricație a produselor respective, modificări care pot influența în mod negativ eficiența instalațiilor de epurare a gazelor și aerului dacă aceste modificări nu se cunosc înainte de intrarea în funcțiune a utilajelor respective.

Un lucru de asemenea de o importanță capitală este deservirea de către personal al acestor aparate și instalații. Cu ocazia verificărilor înainte de probele de recepție, se va face și o verificare a personalului respectiv, spre a se constata dacă acesta posedă cunoștințele necesare unei bune exploatări. Acest lucru este cu atît mai necesar în cazul cînd acești specialiști nu au asistat la fabricarea aparatelor în uzinele furnizoare sau măcar la montarea acestora în fluxul tehnologic al uzinei respective. Dacă aceste operații nu au fost posibile, cu ocazia verificării prerecepționale se va face și instructajul personalului.

Deși unele instalații și aparate pentru protejarea aerului atmosferic au construcții robuste și permit o gamă largă de adaptabilități în ceea ce privește randamentul și eficiența, unele din ele ca: filtrele electrice, aparatele din mediul filtrant, rotocicloanele, aparatele sonice și altele, nu permit modificări în deservirea lor față de instrucțiunile lor de funcționare. Datorită acestui fapt,

în perioada de pregătire a recepției trebuie acordată o deosebită atenție acestui fel de aparate.

Trăgînd concluziile generale la cele arătate în acest capitol, se constată că nu se exagerează dacă se spune că operația de verificare înainte de probele de recepție propriu-zise are cea mai mare importanță și că de felul cum a fost dusă această operație la îndeplinire, depinde reușita probelor de recepție, cît și realizarea scopului propus : un aer atmosferic curat și o protejare corespunzătoare a mediului înconjurător.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL II

RECEPȚIA INSTALAȚIILOR ȘI APARATELOR PRIVIND PROTEJAREA AERULUI ATMOSFERIC

După terminarea operațiilor arătate la capitolul precedent urmează probele de preluare.

Astfel de probe se execută în următoarele situații :

1) La darea în exploatare a oricărui aparat sau instalație nouă, pentru a stabili performanțele lor și îndeplinirea condițiilor de funcționare cerute.

2) După fiecare reparație generală pentru a verifica starea și performanțele echipamentului în urma reparației.

3) În timpul exploatării, pentru controlul preventiv al instalațiilor și echipamentelor.

Operația care se desfășoară în timpul funcționării aparatelor, agregatelor și instalațiilor constă din următoarele **etape :** ● *probele de funcționare individuale pe fiecare aparat, agregat sau instalație ;* ● *probele de funcționare pe ansamblu a întregii instalații de epurare.* La rîndul lor aceste probe se execută întîi la rece (în gol), adică rotirea fără sarcină și apoi rotirea în sarcină plină, conform prescripțiilor din proiect.

II.1. APARATE DE MĂSURĂ NECESARE

Pentru a se putea executa operațiunile de preluare (probele), **comisia trebuie să fie dotată cel puțin cu următoarele aparate de măsură și control :**

1) Pentru măsurarea presiunii gazelor : ● tuburi pneumatice (tuburi Pilot și Prandtl) cu furtunuri de cauciuc ; ● manometre ; ● micromanometre ; ● pentru măsurări mai precise, se folosesc manometre înclinate cu un singur cot.

2) Pentru măsurarea vitezei gazelor din conducte : anemometre, micromanometre, electromanometre etc.

3) Pentru măsurarea turației aparatelor de antrenare și electromotoarelor ; ● contoare de rotații ; ● tahometre.

4) Pentru măsurarea temperaturii și a umidității relative a gazelor: ● termometre cu mercur simple sau duble pentru temperaturi reduse; ● termometre speciale pentru temperaturi ridicate.

5) Pentru umiditatea gazelor: ● psihometre etc.

La executarea măsurătorilor se aleg sectoarele cele mai adecvate din rețeaua de conducte de gaze și în ele, cu ajutorul burghiului sau al unei dălți ascuțite, se fac găuri ovale de mărime suficientă pentru a putea introduce în conductă tubul pneumatic sau aparatul respectiv.

Pentru determinarea debitului total al aparatului de antrenare se alege un sector prin care trece toată masa de gaze (fluid) de epurat. În caz excepțional debitul acestui aparat se determină prin suma debitelor ramificațiilor, dacă există.

Trebuie să se țină seamă de faptul că, conductele de fluid (gaze) nu sînt complet etanșe, iar în sectoarele instalației pe unde se face absorbția se constată o oarecare aspirație suplimentară și în sectoarele de refulare o oarecare pierdere exterioară. Pierderi mari sau absorbții din afară se observă de obicei acolo unde se produc cele mai înalte presiuni sau depresiuni.

Încercarea instalației de epurare se începe cu organele de antrenare (ventilatoare, exhaustoare, aspiratoare de fum etc.), a presiunilor totale și statice dezvoltate de acestea, a măsurii de turații a acestora, cît și ale electromotoarelor și se continuă cu conductele și aparatele de epurare.

În continuare se va face o scurtă descriere a aparatelor de măsură și control mai des la astfel de operații.

a. Tuburi Pitot și Prandtl.

Aceste aparate se folosesc la măsurarea presiunii gazelor care circulă în conductele de epurare. Se știe că un fluid (gaz) exercită presiune asupra pereților vasului în care se găsește. Aceasta este presiunea statică sau presiunea de perete. Cînd fluidul se mișcă în conductă, pe lîngă presiunea statică apar, și alte presiuni.

Presiunea exercitată de fluid pe o suprafață paralelă cu liniile de curent ale fluidului (fig. II.1, *a, b)* se numește presiune statică (p_s .). Presiunea exercitată de fluid pe o suprafață perpendiculară pe liniile de curent (fig. II. 1, *c)* se numește presiune totală (p_t .). Aceste presiuni sînt măsurate direct prin denivelarea lichidului manometric din tuburile în formă de U, deschise la

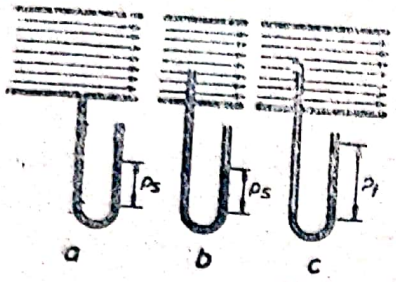


Fig. II.1. Schema măsurării presiunii statice și totale.

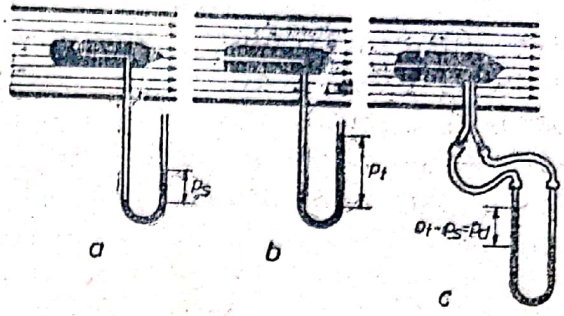


Fig. II.2. Tuburi Pitot și Prandtl pentru măsurarea presiunilor statice, totale și dinamice.

ambele capete. Presiunea măsurată în acest fel este exprimată în mm H_2O (1 mm H_2O = 1 kgf/m^2).

În practică se folosesc sonde de presiune plasate în fluidul mobil. Ele sînt construite din cilindri metalici rotunjiți la capătul anterior (opus curentului) și prevăzuți cu orificii pe suprafața laterală (fig. II.2, *a)* pentru presiunea statică și cu un orificiu frontal pentru presiunea totală (fig. II.2, *b)*.

Aceste sonde și tuburile U, împreună cu furtunurile de cauciuc respective se numesc tuburi Pitot. Diferența dintre presiunea totală și presiunea statică este presiunea dezvoltată de vitezele fluidului și se numește presiune dinamică ($p_d = p_t - p_s$). Sonda de presiune prevăzută cu orificii și canale atît pentru presiunea statică, cît și pentru presiunea totală legate la capetele tubului manometric în formă de U (fig. II.2, *c*) se numește tub Prandtl cu care se măsoară presiunea dinamică în mm H_2O.

Pentru determinarea vitezii fluidului cu astfel de tuburi, se deduce viteza v **din expresia** (II.1) :

$$p_d = \rho \frac{v^2}{2} = \frac{\gamma v^2}{2g} \quad [mm\ H_2O]; \quad v = \sqrt{\frac{2p_d}{\rho}} = \sqrt{\frac{2gp_d}{\gamma}} \quad [m/s] \qquad \text{(II.1)}$$

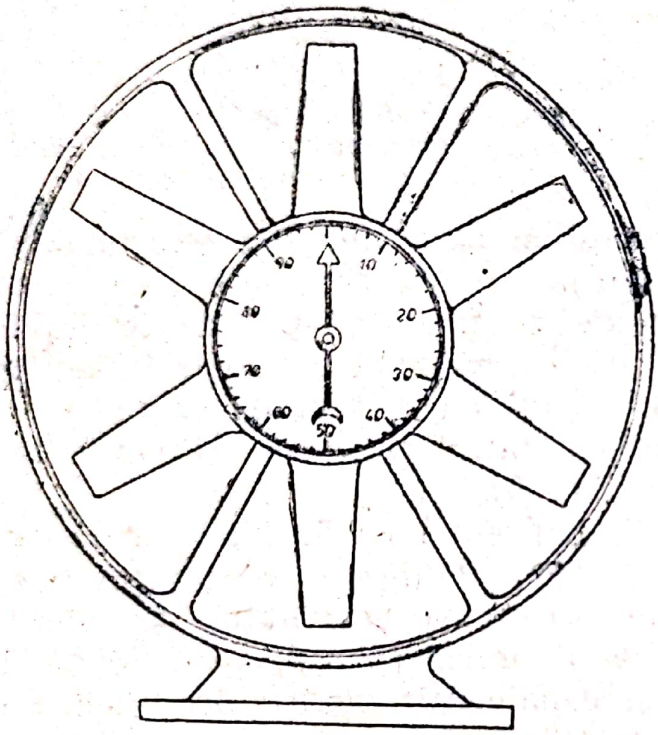
g = este accelerația gravitației [m/s^2] ;

γ = greutatea specifică a gazului (fluidului) de epurat, [kgf/m^3].

b. **Anemometre**. Acest fel de aparate se folosesc la măsurarea vitezei gazelor (fluidelor) în conducte. Felul și forma anemometrelor diferă după firma furnizoare.

În practică se folosesc două tipuri de aparate : ● *anemometre cu palete* și ● *anemometre cu cupe*. Ambele tipuri au la bază niște palete care se învîrtesc sub acțiunea curentului de aer și dintr-un mecanism de înregistrare ca niște mici ventilatoare (fig. II.3). Partea activă a anemometrului cu palete constă dintr-o mufă pe care sînt așezate sub un unghi de 45° față de curent, paletele

de aluminiu. Numărul paletelor este întotdeauna cu soț și diferă de la aparat la aparat. Numărul paletelor este între 4 și 8. La așezarea anemometrului în curentul de gaze, rotorul cu palete începe să se învîrtească. Pe axul rotorului este fixat un șurub fără sfîrșit, care transmite rotația unui mecanism de înregistrat. Acest mecanism este înzestrat cu un cadran și un ac înregistrator astfel



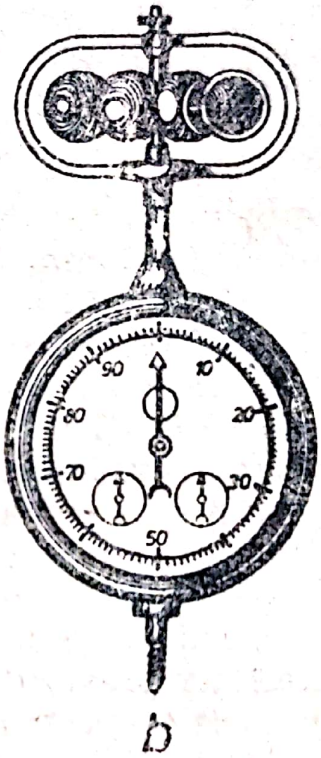


Fig. II.3 Anemometre :
a — cu palete ; *b* — cu cupe.

calculat încît acul indică viteza gazelor (fluidului), în m/s. Scara cadranului este formată dintr-un cerc împărțit în 100 părți. De obicei la valoarea unei diviziuni de 1 m, în timpul unei rotații complete a acului, gazele parcurg 100 m. La unele construcții, pe cadranul mare sînt și alte cadrane mai mici, care marchează zecimile, sutimile etc.

Pentru determinarea vitezei gazelor (fluidelor), simultan cu începerea măsurătorii cu anemometrul, se pune în funcțiune și un cronometru.

Anemometrele moderne au încadrate în corpul lor și cronometrul respectiv care intră în funcțiune automat odată cu începerea măsurării. De obicei măsurarea se face pe durate scurte ($\approx$ 100 s).

Anemometrele cu palete se folosesc pentru măsurarea vitezelor între 0,5 și 10 m/s, deoarece la viteze mari paletele se pot

deforma. Aparatul se instalează astfel încît planul rotorului să fie perpendicular pe direcția de mișcare a gazului (fluidului).

Anemometrul cu cupe se deosebește de cel cu palete numai prin construcția rotorului. El constă din 4 sau 6 emisfere goale așezate pe o cruce, care la rîndul ei este fixată pe un ax. Acest aparat se instalează astfel încît rotirea să fie perpendiculară față de curent. Cu astfel de aparate se pot măsura viteze între 1 la 20 m/s sau chiar mai mari.

Fiecare anemometru trebuie să aibă certificatul său în care să se găsească o tabelă și un grafic în care să se indice viteza reală ce corespunde numărului de turații pe secundă.

Viteza măsurată cu anemometrele v_{an}:

$$v_{an} = \frac{n_2 - n_1}{t}; \qquad \text{(II.3)}$$

n_1 = indicația inițială a contorului;
n_2 = indicația finală a contorului;
t = durata măsurătorii [s].

Apoi se fac rectificări după certificatul de verificări al aparatului.

Exemplu: $n_1 = 250$; $n_2 = 750$; $t = 100$ s;

$$v_{an} = \frac{750-250}{100} = 5{,}0. \qquad \text{(II.4)}$$

După certificatul anemometrului dat, *viteza reală* v_r se calculează cu formula:

$$v_r = 0{,}2 + 0{,}72\, v_{an}; \quad v_r = 0{,}2 + 0{,}72 \times 5 = 3{,}8 \text{ m/s}.$$

c. **Contorul de turații sau tahometrul.** Cunoașterea numărului de turații a aparatelor de antrenare și respectiv al electromotorului are importanță în primul rînd pentru a verifica dacă el corespunde datelor din proiect și în al doilea rînd pentru a stabili cum și dacă se poate schimba numărul de rotații ale aparatului pentru obținerea debitului necesar. În fig. II.4 este arătat schematic un aparat care indică turația. Cel arătat în schemă este un contor de buzunar cu discuri. Există multe feluri de aparate de înregistrat turația, și ele diferă după forma și clasa de predizie. Aparatul arătat în această figură constă din cîteva grupe de rotițe dințate cu cîte zece dinți. Una dintre ele, care calculează unitățile, se răsucește la fiecare rotație a axului cu un singur dinte.

Fig. II.4. Contor de rotații cu discuri.

Scanned with OKEN Scanner

Corespunzător dinţilor sînt trecute pe circumferinţă cifrele între 0 şi 9 care apar consecutiv în ferestruică la fiecare turaţie. La o turaţie completă a acestei rotiţe, în momentul trecerii de la cifra 9 şi 0, se angrenează rotiţa următoare, care indică zecile etc.

Pe capătul axului care iese din aparat şi pe care sînt fixate rotiţele dinţate, se aşază manşoane cu diferite vîrfuri. În cazul adînciturilor făcute cu chernerul la capătul axului aparatelor la care se măsoară turaţia (care se păstrează după prelucrarea axului la strung), se folosesc vîrfuri de cauciuc care presîndu-se nu permit alunecarea. Cu ajutorul mînerului, înainte de începerea măsurătorii, se aşază indicaţia contorului la zero, sau se notează cifra de la care se porneşte măsurătoarea. În timpul măsurării, vîrful contorului este apăsat în adîncitura făcută de cherner şi în acelaşi timp se pune în funcţiune şi cronometrul (dacă tahometrul cu care se lucrează nu are deja un cronometru cuplat cu dispozitivul de măsurat turaţia). După unul sau două minute se scoate contorul şi se opreşte cronometrul. Diferenţa dintre indicaţii finală şi cea iniţială se împarte la timp, obţinîndu-se astfel numărul de rotaţii pe minut. Pentru siguranţă se ia media aritmetică a cîtorva măsurători (3—4). La folosirea justă a contorului, diferenţa dintre diferitele măsurători obţinute poate fi de 1—2 rotaţii/minut.

d. **Termometre.** Măsurarea temperaturii aerului se face, de obicei, cu termometrele. În funcţie de temperatura gazelor care trebuie măsurată se utilizează şi tipul de termometru, începîndu-se cu termometrele cu mercur obişnuite şi mergînd pînă la termometre speciale pentru temperaturi ridicate. Acest fel de aparate sînt cunoscute şi ele dau direct temperatura respectivă; ele trebuie introduse în curentul de gaze (fluid) a căror temperatură trebuie măsurată.

e. **Psihrometre.** Acestea sînt folosite la măsurarea umidităţii gazelor (fluidelor). În comerţ se găsesc diferite tipuri de psihrometre şi construcţia lor diferă de asemenea după firma constructoare. În continuare se va descrie sistemul după care funcţionează acest fel de aparate. Un psihrometru simplu constă din două termometre, unul uscat şi celălalt umed. El se numeşte umed pentru că rezervorul lui este învelit într-un strat de ţesătură subţire (batist sau tifon) umezită continuu. Umidificarea pînzei se face dintr-un mic vas cu apă în care se află capătul liber al tifonului. Ţesătura (de preferat batist) se coase într-un singur rînd sub forma unui ciorap, care îmbracă rezervorul termometrului. În stare echilibrată termometrul umed (în aerul nesaturat) indică o tem-

Scanned with OKEN Scanner

peratură mai joasă decît termometrul uscat, deoarece evaporarea apei de pe țesătură răcește rezervorul termometrului. Cu cît umiditatea aerului va fi mai mică, cu atît diferența indicațiilor ambelor termometre va fi mai mare. Pentru a se obține o indicație justă a psihrometrului este necesar să se elimine influența unei serii întregi de factori care ar putea denatura indicațiile. În fig. II.5 sînt arătate schematic două tipuri de psihrometre. În timpul

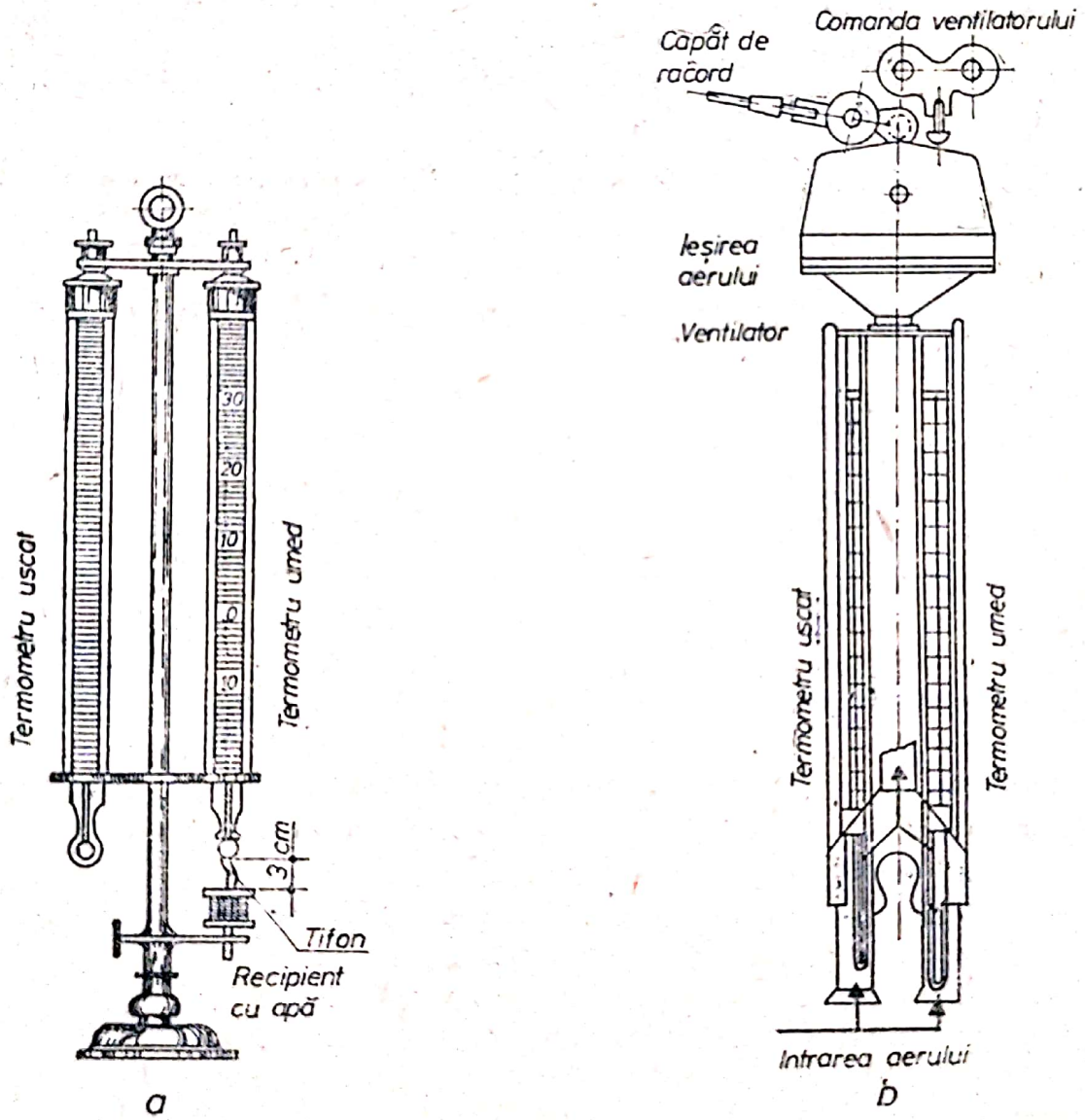


Fig. II.5. Psihrometre.

măsurătorii se recomandă ca viteza gazelor (fluidelor) să fie de cel puțin 2 m/s.

Scanned with OKEN Scanner

II.2. PROBELE DE FUNCȚIONARE LA RECE (fără sarcină)

Înainte de a se descrie modul cum trebuie executate astfel de probe, se va face o enumerare a părților principale ale unei instalații care concură la epurarea aerului atmosferic într-o întreprindere industrială (este vorba numai de acele agregate care compun instalațiile de epurare, nu și acelea care produc poluanții respectivi).

Clasificarea și ordinea pe care o propunem este următoarea :

1) *Organele de antrenare* care imprimă mișcarea fluidului (gazelor) în vederea epurării lui și anume : ventilatoarele, exhaustoarele, aspiratoarele de fum, suflantele etc.

2) *Organele de transport al fluidului de euprat :* conductele și canalele de gaze și fum.

3) *Anexele* de care depinde funcționarea aparatelor de epurare propriu-zise : instalațiile electrice, aducțiunile pentru lichid (pompele, conductele), aparatele de control etc.

4) *Aparatele și agregatele propriu-zise* prin care se face epurarea fluidului.

5) *Mijloacele și sistemele de evacuare* a reziduurilor colectate (praful, nămolul).

Înainte de începerea probelor se va monta în curentul de alimentare cu energie electrică a instalației de epurare un dispozitiv care să permită introducerea curentului electric în instalație, progresiv, la comanda manuală a celor care execută probele de preluare.

a. **Organele de antrenare a fluidului de epurat.** Acesta este vehiculat cu ventilatoare aspiratoare de fum, exhaustoare etc.

Înainte de a se începe descrierea modului cum trebuie să se executate probele de funcționare a acestor aparate, **se consideră necesară cunoașterea următoarelor :**

1) *În instalațiile de epurare există două metode de racordare a aparatelor de antrenare la rețele și anume :*

1.1) *Gazul (fluidul) este adus la aparat printr-o conductă legată la racordul de aspirație.* Din aparat fluidul iese în atmosferă sau în spațiul de refulare. În cazul acesta aparatul se numește de aspirație. Presiunea la intrare într-un astfel de aparat este mai mică decît presiunea în mediul de aspirație.

1.2) *Gazul (fluidul) este adus la aparat printr-o conductă din spațiul de aspirație, iar din acesta, printr-o altă conductă, trece în spațiul de refulare.* Rețeaua constă dintr-un tronson de aspirație și un tronson de refulare. Presiunea la intrare în aparat este mai

Scanned with OKEN Scanner

joasă decît în spațiul de aspirație, iar presiunea totală la ieșirea din aparat este mai mare decît în spațiul de refulare.

2) *Funcționarea mai multor aparate într-o singură rețea:* dacă trebuie mărit debitul rețelei, aparatele de antrenare se leagă în paralel. În cazul în care este nevoie să se mărească presiunea în rețea, aceste aparate se leagă în serie.

3) *De obicei, în timpul funcționării unui aparat turația variază între anumite limite, nu prea mari.* Variația turației provoacă modificarea regimului aparatului respectiv. Intervalul de variație a regimurilor este în funcție de forma și de panta caracteristicilor rețelei și a aparatelor.

4) *În rețelele cu capacitate mai mică, micile variații de turație provoacă și mici variații de regim ale aparatului.* Într-o rețea de capacitate mare, datorită elasticității gazului (fluidului) de epurat, presiunea nu va varia brusc la schimbarea regimului aparatului. Într-un interval scurt de timp presiunea rămîne constantă, variația debitului de gaz (fluid) din rețea nu se produce deci în același timp cu schimbarea avansului aparatului.

Din categoria aparatelor cu regim de lucru variabil fac parte aspiratoarele de fum, suflantele, ventilatoarele instalate în uscătorii și altele.

Pentru a se evita producerea pompajului (oscilații de avans al gazului în rețea), aparatul trebuie bine reglat pentru a nu se da posibilitatea producerii unei funcționări instabile a acestuia.

Prima operație care trebuie executată este rotirea manuală a rotoarelor, dacă acest lucru este posibil. La un aparat bine executat și bine montat, acesta trebuie să se învîrtească ușor în lagăre. Dacă această operație nu este posibilă, se va face rotirea cu ajutorul curentului electric, pornind aparatul cu turație foarte mică. Prima verificare va fi asupra direcției în care se rotește rotorul aparatului. Acest lucru este foarte important, mai ales la ventilatoarele centrifuge, deoarere electromontorii pot lega greșit fazele și motorul se va învîrti în sens contrar. Pentru verificarea rotirii aparatelor există o regulă simplă, cu care se poate determina sensul rotirii lor și anume : aparatul trebuie să se învîrtească cum se desrăsucește „melcul“ mantalei (în direcția lărgirii melcului).

5) *Se va verifica sensul de funcționare a aparatului deoarece se știe că un astfel de aparat poate funcționa atît ca agregat de aspirație, cît și ca agregat de refulare.*

6) *Se mărește treptat turația aparatului pînă se ajunge la cea maximă.* În timpul turației maxime se verifică dacă acesta

Scanned with OKEN Scanner

se rotește coaxial sau are abateri. Se verifică de asemenea dacă lagărele funcționează normal, adică nu se încălzesc, iar la cele ale căror lagăre sînt răcite cu apă, dacă apa de răcire circulă normal.

Se schimbă brusc turația aparatelor cu reprize scurte, în scopul de a vedea dacă variația de turație nu influențează stabilitatea pe fundație.

Se urmărește în timpul acestor variații comportamentul paletelor și a axului, etanșeitatea carcasei, modul de comportare a cuplajului cu electromotorul.

Se mărește apoi turația pînă la limita maximă prescrisă în cartea tehnică a aparatului și se măsoară această turație în scopul de a se vedea dacă este corespunzătoare cu cea prevăzută în proiect. După o anumită perioadă (la alegerea celor care fac probele) se mărește turația peste limita superioară, ajungîndu-se pînă la cea critică, adică pînă atunci cînd aparatul dă semne de supraefort, trepidații, zgomot, curbarea paletelor etc. (Depășirea turației față de cea prescrisă în cartea tehnică nu trebuie să depășească 10—15% deoarece, după cum s-a arătat mai înainte, variațiile de sarcină în timpul funcționării nu sînt mari).

7) *La probele de recepție se va ține seama de asemenea de instrucțiunile firmei furnizoare, privitoare la încercarea aparatului și de certificatele de probă din uzina constructoare.*

În cazul în care în perioada acestor probe apar defecțiuni ca: vibrații ale fundației, trepidații la buloanele de ancorare, încălzirea lagărelor rotorului, curbarea paletelor, descentrarea axului rotorului, zgomote suspecte etc., se consemnează toate acestea și dacă este posibil să fie remediate se vor face imediat aceste remedieri și se vor repeta probele de verificare. Sub nici un motiv nu se va accepta un aparat care la probele de preluare nu corespunde întocmai prevederilor din proiect. În cazul în care defecțiunile care apar în perioada acestor probe nu pot fi remediate complet, se respinge aparatul cerîndu-se înlocuirea lui cu altul corespunzător.

Aparatele de antrenare sînt organele cele mai importante dintr-o instalație de epurare și dacă ele nu prezintă siguranța unei funcționări corecte și o robustețe corespunzătoare întreaga instalație este compromisă, iar rezultatele scontate nu vor fi realizate.

b. **Organele de transport al fluidului de epurat.** Organele de transport al gazelor (fluidelor) de epurat sînt în funcție de locul unde sînt produse aceste fluide cu impurități. Ele diferă după ramura industrială respectivă, de aceea asupra acestor părți din

Scanned with OKEN Scanner

instalaţie trebuie acordată o atenţie deosebită, probele de preluare fiind mai complicate ca la organele de antrenare.

În general organele de transport sînt strîns legate de circuitul gazelor (fluidelor) de epurat, adică de ansamblul instalaţiilor pe care trebuie să le parcurgă acestea, de la producerea lor pînă la ieşirea în atmosferă. Circuitul gazelor (fluidelor) de epurat este dependent şi de circuitul termic al procesului întreprinderii respective (care este foarte diferit).

Organele de transport, în general, se împart în două mari categorii: *canale* şi *conducte*.

1) *Canalele*. Cele mai mari producătoare de impurităţi sînt întreprinderile industriale şi cele de producere a energiei electrice, adică centralele termoelectrice. Datorită cantităţilor mari de gaze (fluide) de epurat şi în special specificului sursei de producere a acestora — cum sînt cazanele la centralele termoelectrice, cuptoarele metalurgice şi secţiile din întreprinderile metalurgice şi alte ramuri industriale, transportul fluidelor de epurat se face adesea prin canale din zidărie. Întrucît prin aceste canale circulă gaze cu mari cantităţi de impurităţi direct de la focare, ele se mai numesc şi canale de fum.

Cunoscîndu-se viteza curentului de gaze care circulă prin ele, **secţiunea canalelor** f se poate determina cu relaţia:

$$f = \frac{V_o \, \eta^{0,25}}{v_o}; \qquad \text{(II.5)}$$

V_0 = volumul mediu al gazelor raportat la zero grade şi 760 mm Hg care circulă prin canalul respectiv, ţinînd seama de pierderile respective şi raportat la consumul mediu de combustibil [m^3];

v_0 = viteza gazelor în canalul de fum, [m/s], (de obicei această viteză este cuprinsă între 2 şi 3 m/s).

η = coeficientul de calcul care se referă la raportul dintre bustibil la încărcarea de vîrf şi consumul mediu de combustibil.

Probele de recepţie la rece (în gol) se referă în special la:

Secţiunea canalelor. Cunoscîndu-se debitul de gaze (fluid) de epurat produse de sursa respectivă (cazan, cuptor metalurgic, cuptor industrial etc.) şi viteza de circulaţie a acestora prevăzută în proiect, se va verifica dacă secţiunea este corespunzătoare şi gazele respectă viteza din proiect. O viteză prea redusă poate schimba rolul canalelor în camere de depunere, fapt care duce la diminuarea secţiunii sau chiar la înfundarea acestora, în special la schimbările de direcţii şi de secţiuni.

Scanned with OKEN Scanner

Se verifică dacă s-au construit corespunzător gurile de vizitare la locurile respective pentru curăţirea canalelor şi dacă aceste guri sînt închise etanş şi nu permit infiltraţii de aer din afară (în cazul aspiraţiei) sau evacuări de gaze neepurate (în cazul refulării). Se va da o atenţie deosebită acestui de al doilea caz — refularea — deoarece este posibil ca în aceste locuri atmosfera să fie infectată cu gaze nocive, creînd zone periculoase în procesul de producţie al întreprinderii respective.

Se va controla dacă accesul în canale prin aceste guri este posibil şi dacă zidăria nu prezintă crăpături prin care s-ar putea infiltra apele freatice în cazul unei izolări hidrofuge necorespunzătoare.

Se va verifica în mod cu totul special tencuiala interioară deoarece asperităţile şi neegalităţile de nivel pot produce fenomenul de şoc sau impact, obligînd praful şi impurităţile solide din fluid să se depună în aceste locuri.

Avînd în vedere că în porţiunile de canal alăturate ieşirii gazelor din surse (focare, cuptoare etc.), aceste gaze au de multe ori temperaturi ridicate, se va verifica dacă acest lucru nu a fost omis la proiectare, iar dacă a fost prevăzut, cum s-au utilizat materialele prevăzute. În cazul în care acest lucru a fost omis la proiectare, se vor reface canalele conform acestor prescripţiuni.

Şuberele sau dispozitivele de închidere a canalelor. Deoarece o instalaţie de epurare a gazelor deserveşte de obicei mai multe feluri de surse de fluide (centralele electrice, cuptoarele metalurgice, fabrici de ciment etc.), este necesar ca ieşirea din aceste surse să fie prevăzută cu dispozitive de închidere denumite, în general, şubere. Aceste dispozitive sînt absolut necesare, deoarece atunci cînd una din surse este scoasă din funcţiune să poată fi izolată de circuitul de epurare. Astfel de şubere sînt necesare de asemenea la ramificaţii de canale.

Ele se construiesc de obicei din metal (fontă) şi numai acolo unde temperatura gazelor (fluidelor) depăşeşte posibilitatea de utilizare a fontei ele se fac din metale speciale sau cărămidă refractară.

La aceste dispozitive de închidere trebuie să se verifice următoarele :

— în cazul în care ele vor fi manevrate manual, atunci se va vedea dacă această manevră se poate face uşor, fără eforturi deosebite ;

— se va verifica dacă materialul din care sînt confecţionate este cel prescris în proiect şi dacă execuţia este corectă şi nu pre-

Scanned with OKEN Scanner

zintă goluri de turnare, fisuri sau îndoiri care îngreuiază manipularea ;

— în cazul în care manipularea lor trebuie făcută mecanizat, se va verifica dacă dispozitivul de acționare este acel prevăzut în proiect (trolii, motoare, reductoare etc.) și dacă s-au luat măsurile de protecție a acestora contra intemperiilor, coroziunii sau altor factori care le-ar putea scoate din funcțiune ;

— se va verifica dacă aceste șubere, indiferent de modul lor de acționare, asigură în cazul închiderii etanșeitatea corespunzătoare. În perioada probelor la rece (în gol), operația de închidere și deschidere a acestora se va efectua de cîteva ori, pînă se ajunge la convingerea că manevra este corespunzătoare prescripțiilor din proiect. În cazul în care există nepotriviri față de proiect, atît din punct de vedere al materialelor, cît și al execuției, și în cazul că nu se pot executa remedierile în perioada de verificare, se va cere înlocuirea acestora cu altele conforme prevederilor din proiect ;

— la porțiunile de canale care din motive constructive se află fie parțial, fie total la nivelul solului, se va verifica dacă s-a făcut izolarea termică corespunzătoare, mai ales cînd prin aceste canale circulă fluide cu temperaturi ridicate. Se va verifica de asemenea, dacă pentru această izolație s-au luat măsurile de protejare a ei atît contra intemperiilor, cît și a eventualului acces peste ele, pentru a nu se deteriora. La șuberele care sînt pe aceste porțiuni, se vor lua măsuri de protecție pentru a nu se permite accesul oricui la ele, precum și contra coroziunii și, în general, a tuturor factorilor care le-ar pune în situația de nefuncționare.

2) *Conductele*. Întrucît majoritatea aparatelor de epurare sînt deasupra solului, iar majoritatea canalelor sînt sub pămînt sau pe sol, pentru a se putea transporta gazele (fluidele) de epurat din canale la aparatele de epurare se folosesc conductele. Din cauza poziției unde sînt montate, ele lucrează fie sub presiune (după aparatul de antrenare), fie în depresiune (înainte de aparat). Această remarcă este foarte importantă și de ea trebuie ținut seama chiar de la proiectare, deoarece modul de comportare este cu totul diferit. Datorită faptului că în majoritatea cazurilor aceste conducte sînt metalice — de cele mai multe ori confecționate din tablă de diferite dimensiuni — se reamintește ceea ce s-a arătat mai înainte și anume, că este bine ca proiectantul să prefere secțiunea rotundă și să renunțe la această secțiune numai acolo unde condiții speciale o impun.

Scanned with OKEN Scanner

Probele vor începe prin verificarea prealabilă a suprafeței secțiunii în raport cu prevederile proiectului. Se verifică dacă au fost montate la locurile respective aparatele de măsură și control corespunzătoare. Probele se fac cu aer, pe porțiuni, introducîndu-se aerul progresiv pînă la debitul total pe care trebuie să-l transporte conducta respectivă. Se va mări debitul de asemenea treptat, pînă se depășește cu 10—15% pe cel normal, făcîndu-se variații de funcționare pe reprize scurte la început și apoi mai lungi.

În timpul acestor probe se verifică:

— dacă îmbinările dintre tronsoane sînt etanșe și nu aspiră sau refulează aer;

— dacă secțiunea conductelor nu suferă deformări care ar pune în pericol funcționarea și ar strica aspectul estetic;

— dacă aparatele de măsură și control funcționează normal și sînt cele prevăzute în proiect sau similare cu acestea în ceea ce privește gradul de precizie și robustețea;

— dacă vanele, șuberele sau clapetele de închidere și deschidere funcționează normal și dacă ele sînt amplasate conform proiectului, permițînd ușor accesul la ele;

— dacă panta cu care au fost montate este cea corespunzătoare și nu va împiedica transportul fluidelor încărcate cu impurități. Dacă condițiile nu permit ca fiecare ramificație să fie montată cu pantă, pentru conducta principală acest lucru este obligatoriu;

— dacă piesele speciale au fost construite astfel încît nu se vor crea depuneri de materiale (coturile să aibă raza de curbură $r = 2 \ldots 3$ diametre ale conductei, minimum, iar ramificațiile să se facă sub un unghi de maximum 15° față de axa conductei principale);

— dacă echilibrarea pierderilor de presiune în ramificații se face în modul cel mai precis posibil, nefiind necesară utilizarea vanelor sau clapetelor de reglaj;

— dacă în dreptul fiecărui cot și ramificații s-au prevăzut gurile de curățire respective, dacă acestea funcționează normal și dacă au o construcție etanșă. De asemenea, dacă pe conductele drepte s-au lăsat gurile de curățire prevăzute în proiect (distanța dintre aceste guri se recomandă a se alege între 3—5 m). Dacă aceste guri au fost omise din proiect, se va lua măsura ca ele să fie confecționate, dacă este posibil, chiar pe șantier și montate în locurile cele mai practice accesului;

Scanned with OKEN Scanner

— dacă s-a ţinut seama de caracteristicile gazelor (fluidelor) care vor fi epurate, deoarece datorită vitezei de circulaţie a acestora, eroziunea metalului poate fi foarte rapidă, scoţînd instalaţia de epurare din funcţiune pe perioada înlocuirii părţilor uzate.

În întreprinderile unde temperatura gazelor (fluidelor) este ridicată, se va verifica dacă izolaţia termică a fost executată corespunzător, atît pentru protecţia şi securitatea muncii, cît şi pentru evitarea condensurilor, în special interne, care pot aduce mari prejudicii instalaţiilor de epurare mergînd pînă la scoaterea lor din funcţiune.

3) *Instalaţiile anexe.* Funcţionarea în bune condiţii a aparatelor şi instalaţiilor de epurare este strîns legată de instalaţiile anexe care le deservesc şi anume:

Instalaţii electrice. Întrucît instalaţiile de epurare lucrează în mediu de impurităţi (praf, pulberi, gaze umede etc.), motoarele electrice care antrenează aparatele respective trebuie să fie capsulate şi de construcţie antiexplozivă. Conductele (cablurile) electrice trebuie montate în ţevi metalice (tuburi panţer), pentru a fi protejate contra umezelii, prafului şi coroziunii. Aparatele electrice (tablouri, prize, şaltere, întrerupătoare, aparatele electronice etc.) trebuie de asemenea să fie în construcţii speciale, pentru a rezista mediului în care vor lucra. Ele trebuie montate la locuri vizibile, cu acces uşor, bine protejate. Pentru a verifica toate cele arătate pînă acum, funcţionarea acestor aparate trebuie verificată individual înainte de începerea probelor. Ele vor fi verificate atît individual, cît şi odată cu proba la rece (în gol) a aparatului sau agregatului pe care îl deservesc.

În cazul în care există motoare electrice sau aparate care nu corespund prevederilor din proiect, acestea vor fi înlocuite cu altele corespunzătoare, înainte de începerea probelor la cald a instalaţiilor totale. Funcţionarea corectă a acestor aparate este absolut necesară, deoarece de aceasta depinde atît randamentul epurării, cît şi securitatea personalului care deserveşte instalaţia de epurare.

La aparatele cu consum mare de energie electrică (filtrele electrice, sirenele acustice, dezintegratoarele etc.), se va verifica dacă s-au montat contoarele corespunzătoare pentru măsurarea consumului, deoarece fără acest fel de aparate nu se va putea urmări randamentul economic al epurării faţă de scopul propus.

Instalaţiile pentru transportul lichidelor. Este cunoscut că aparatele care lucrează în medii umede (coloane cu umplutură,

Scanned with OKEN Scanner

scrubere, cicloane cu pelicule de apă, dezintegratoare, aparate cu spumă etc.) au nevoie de asigurarea continuă a cantității de lichid necesar unei funcționări optime. Cu mici excepții, lichidul utilizat în astfel de aparate este apa. Cum problema apei devine din ce în ce mai acută în marile întreprinderi unde funcționează instalații de epurare cu debite mari (combinatele metalurgice, centralele termoelectrice, întreprinderile chimice, întreprinderile de producere a materialelor de construcții etc.), se impune luarea în considerație a recirculării apei. Această problemă va fi luată în calcule cînd se aplică pe toate întreprinderea, deoarece numai pentru instalațiile de epurare, oricît de mari ar fi ele, ea nu este economică.

Dacă presiunea de pulverizare în aparatele utilizate poate fi asigurată de către rețeaua publică, se vor face racordurile direct la această rețea, montîndu-se doar contorul de consum la intrarea în aparat. În acest caz se va verifica doar dacă instalația de aducțiune a apei la aparatul respectiv, a fost făcută conform normelor respective și dacă pe porțiunile care lucrează în aer liber s-au luat măsurile contra înghețului și coroziunii. Se va verifica de asemenea, dacă la intrarea în aparatul de epurare s-a montat un aparat de măsurare a presiunii, pentru a se putea vedea continuu dacă este asigurată presiunea necesară.

În cazul în care nu există rețea publică de alimentare cu apă, sau aceasta nu asigură presiunea necesară pulverizării apei în aparatele de epurare, se vor prevedea pompe care să asigure această presiune și debitul respectiv.

Dacă se lucrează cu pompe de apă, se va verifica :

— dacă pompa este cea prevăzută în proiect sau similară cu aceasta, asigurînd caracteristicile cerute de proiect (debit, presiune, consum electric etc.) ;

— dacă motorul pompei este adecvat mediului în care lucrează pompa (capsulat, antiexploziv etc.) ;

— dacă este montat contorul electric pentru înregistrarea consumului de energie de către instalația de pompare ;

— dacă este prevăzut robinetul de închidere a apei din rețea, în cazul în care pompa este scoasă din funcțiune și dacă acesta funcționează corect, iar accesul la el este ușor.

În ceea ce privește conductele de transport a apei de la pompă la aparatul respectiv, ele vor trebui îngropate în pămînt pe distanțe cît mai mari, lăsîndu-ne căminele de vizitare respective. În cazul în care acest lucru nu este posibil și aceste conducte trebuie montate aerian, atunci se va verifica dacă amplasarea lor nu

Scanned with OKEN Scanner

împiedică accesul atît în interiorul întreprinderii, cît şi în jurul aparatului respectiv. Se va verifica de asemenea dacă s-au luat măsurile contra îngheţului şi a coroziunii; se va verifica dacă instalaţia este etanşă şi nu are scurgeri de apă pe la fitingării (coturi, teuri, robinete etc.). O atenţie deosebită va fi dată dimensiunii conductelor, pentru a se vedea dacă sînt cele prevăzute în proiect în ceea ce priveşte asigurarea debitului necesar.

Duzele de pulverizare. Asigurarea unei distribuţii omogene a apei în aparatele care lucrează cu medii umede este factorul cel mai important, care contribuie la realizarea unei epurări a gazelor în condiţiile prevăzute în proiectul respectiv. Această operaţie este realizabilă însă numai atunci cînd se utilizează dispozitivele de pulverizare corespunzătoare, numite duze. Felul duzelor este multiplu, de aceea *la operaţia de pulverizare a unui aparat de epurare care utilizează dispozitive de pulverizare, se vor avea în vedere următoarele:*

— dacă duzele prevăzute în proiect sînt cele adecvate scopului şi aparatului propus;

— dacă a fost montat tipul de duze prevăzut în proiect deoarece, după cum se cunoaşte, nu toate duzele au acelaşi randament de pulverizare (con plin, con gol, pulverizare plană etc.) şi de multe ori, din lipsa celor adecvate, se montează alt tip de duze care, deşi îndeplinesc rolul pulverizării, nu au randamentul prescris;

— la încercările care se fac se vor măsura: debitul, presiunea, conul de împrăştiere, mărimea picăturilor;

— se va verifica dacă racordurile duzelor la conductele de alimentare este corect făcut şi nu sînt scurgeri de apă;

— se va verifica dacă sînt prevăzute robinetele necesare pentru oprirea apei la fiecare duză sau a unui rînd de duze în vederea unei eventuale înlocuiri a acestora;

— se va verifica dacă accesul la aceste duze este uşor şi nu necesită scoaterea din funcţiune a aparatului, deci întreruperea activităţii întregii instalaţii de epurare. Acest lucru este foarte important deoarece aceste duze se uzează foarte repede din cauza coroziunii şi eroziunii şi trebuie schimbate.

Umplutura coloanelor, scruberelor, turnurilor de absorbţie etc. La unele aparate care lucrează în mediu umed cum sînt coloanele cu umplutură şi scruberele, umplutura are de asemenea un rol important deoarece, dacă aceasta nu este corespunzătoare, epurarea nu se face în condiţiile cerute..

La probele în gol la astfel de aparate se va verifica:

Scanned with OKEN Scanner

— dacă înălțimea umpluturii este cea prevăzută în proiect;

— dacă materialul de umplutură are forma prevăzută în proiect, dacă a fost așezată corespunzător, atît ca poziție, cît și ca număr și dacă acoperă suprafața de contact cu gazele prevăzută!

— dacă apa venită de la duze acoperă cu jeturile tot interiorul coloanei și dacă această apă udă uniform întreaga umplutură. Sub nici un motiv nu este admis ca anumite părți de umplutură să rămînă uscate sau să fie udate insuficient, deoarece în aceste porțiuni se pot face depuneri de praf care vor micșora secțiunea de trecere a gazelor prin coloană;

— dacă grătarele pe care se așază umpluturile sînt suficient de rezistente și sînt confecționate din materialul prevăzut în proiect;

— dacă stropirea se face uniform pe toată suprafața secțiunii coloanei și dacă apa debitată de duze este în cantitatea prevăzută în proiect;

— dacă materialele de umplutură nu sînt sparte într-o proporție care ar putea influența viteza gazului la trecerea prin aparatul respectiv (coloane, scrubere, turnuri etc.);

— dacă montajul a fost făcut corespunzător pe fundație, aparatul trebuind să aibă o verticalitate perfectă;

— dacă s-au prevăzut mijloacele de evacuare a nămolurilor provenite din reziduurile colectate și apa uzată folosită la epurarea gazului respectiv.

Instalațiile de evacuare a impurităților rezultate de la epurarea fluidelor (praf, nămol etc.). La instalațiile de epurare din întreprinderile mari (combinate metalurgice, centrale, termoelectrice, mari, combinate chimice etc.) reziduurile care se adună zilnic și chiar orar, sînt în cantități care nu se pot trece ușor cu vederea.

Dacă se ia în considerație și faptul că unele din materialele colectate cu ocazia epurării sînt dirijate în circuitul economic, fie al aceleiași întreprinderi fie la altele, problema mărește gradul de atenție ce trebuie acordat.

În multe cazuri însă aceste reziduuri sînt nocive, deci evacuarea lor necesită măsuri speciale privind protecția și securitatea muncii.

Prin evacuarea lor ele nu trebuie să devină un nou factor de impurificare a atmosferei.

La verificarea funcționării în gol a instalațiilor de evacuare trebuie să se aibă în vedere următoarele:

— dacă rezervoarele de colectare (buncărele, cutiile etc.) sînt complet etanșe și nu permit evacuarea în imediata lor apro-

Scanned with OKEN Scanner

piere a reziduurilor colectate în timpul probelor de presiune;

— dacă evacuarea se face cu anumite containere, se va verifica dacă acestea sînt de asemenea etanșe și permit umplerea direct din buncăre sau umplerea lor se face manual;

— dacă traseul de evacuare este cel prevăzut în proiect;

— dacă la locul de depozitare s-au luat măsurile corespunzătoare de neutralizare (în cazul reziduurilor chimice), de decantare (în cazul nămolurilor nenocive) și dacă aceste locuri de depozitare sînt executate conform prevederilor proiectului;

— dacă evacuarea se face în saci (cazul reutilizării acestor reziduuri), se va verifica dacă s-a prevăzut dispozitivul respectiv de însăcuire și s-au luat toate măsurile corespunzătoare pentru a nu vicia mediul înconjurător;

— dacă evacuarea se face cu ajutorul șnecurilor (transportoare elicoidale), se va verifica dacă sensul de rotație este normal, dacă motorul electric este corespunzător (capsulat, antiexploziv etc.) datelor din proiect și dacă construcția șnecului este conștiincios executată (etanș și fără pierderi de lichid, aer, reziduuri etc.);

— dacă evacuarea reziduurilor (prafului) se face la dispozitive racloare (cazul camerelor de depunere), se vor proba dacă acestea funcționează normal și corespund scopului prevăzut în proiect;

— dacă dispozitivele de scuturare (cazul filtrelor cu mîneci) lucrează în ritmul de curățire fixat pentru celulele respective, dacă sînt cele prevăzute în proiect și dacă accesul la acestea (de obicei sînt deasupra aparatelor) este lejer și nu incomodează funcționarea normală a aparatelor respective.

Întrucît la epurarea gazelor se folosește o diversitate de aparate, ar fi imposibil ca în lucrarea de față să se descrie măsurile care trebuie luate pentru fiecare aparat în parte, deoarece spațiul afectat nepermițînd acest lucru.

Orice aparat, atunci cînd executarea probelor o necesită, trebuie decuplat din instalația întreagă și verificată acționarea acestuia, racordurile anexe pentru funcționare, aparatajul de măsură și control prevăzut în datele din proiect și, în cazul în care se află neconcordanțe, acestea trebuie remediate, mergîndu-se pînă la înlocuirea aparatului, dacă remedierile nu se pot face, sau aparatul nu poate fi adaptat cerințelor din proiect.

Verificarea la rece a fiecărui aparat și parte din instalație are o importanță deosebită, deoarece practica a arătat că în timpul montajului se strecoară multe nepotriviri, neglijențe de montaj, greșeli de montaj. Dacă acestea nu ar fi descoperite cu ocazia pro-

C-da 5728 coale

Scanned with OKEN Scanner

belor şi s-ar trece direct, după montaj, la punerea în funcţiune, ele ar aduce mari prejudicii întregii instalaţii, constînd atît din pierderi de materiale, cît şi în unele cazuri a scoaterii din funcţiune, încă de la început, a unor aparate de epurare sau a unor părţi din instalaţia respectivă.

4) *Probele la rece (mers în gol) a instalaţiei în ansamblu.* Odată terminate probele la rece cu fiecare componentă a instalaţiei separat, se reasamblează instalaţia şi se trece la probele la rece pe ansamblu. Deoarece instalaţiile de epurare deservesc unităţi din toate ramurile industriale, componenţa lor este diferită şi de asemenea şi principiul pe baza căruia se face epurarea. Oricare ar fi însă principiul, probele la rece nu diferă mult între ele, deoarece *aceste probe se fac cu aer obişnuit astfel :*

— oricare ar fi principiul de funcţionare (aspiraţie sau refulare), instalaţia trebuie decuplată de sursa de impurităţi pe care ea trebuie să o deservească ;

— se închid şi respectiv se deschid şuberele şi clapetele punîndu-le în poziţie de funcţionare normală a instalaţiei ;

— se pune sub tensiune reţeaua electrică de alimentare cu curent a tuturor instalaţiilor anexe (alimentare cu apă, evacuare reziduuri etc.) ;

— se pornesc la turaţie redusă organele de antrenare a fluidului (gazelor), alimentîndu-le cu aer ;

— se pornesc toate instalaţiile anexe ;

— se pornesc aparatele de epurare (filtre electrice, dezintegratoare, aparate cu spumă, aparate sonore etc.) ;

— se verifică modul de comportare a ansamblului, adică dacă funcţionează toate agregatele care compun întreaga instalaţie ;

— se măreşte progresiv turaţia organelor de antrenare pînă se ajunge la cea de regim.

Se fixează această turaţie şi se trece la *verificarea întregii instalaţii*, de la organele de antrenare, progresiv dacă instalaţia lucrează sub presiune (refulare) şi regresiv dacă instalaţia lucrează sub depresiune (aspiraţie), procedîndu-se în modul următor :

— se face o observaţie generală a modului de comportare a instalaţiei în ansamblu, fără a se trece la măsurători, urmărindu-se în mod special modul de comportare al aparatelor de măsură şi control, sensibilitatea lor şi dacă la locurile de amplasare prezintă etanşeitatea corespunzătoare. La această probă nu vor funcţiona aparatele de înregistrare a temperaturilor ridicate acolo unde instalaţia va trebui să epureze gaze cu temperaturi ridicate ;

Scanned with OKEN Scanner

— se urmăreşte modul de comportare a conductelor, în special a celor confecţionate din tablă dacă nu se deformează şi dacă la îmbinări legăturile au rămas etanşe şi nu sînt refulări respectiv aspirări de aer;

— se verifică dacă nu se produc zgomote exagerate şi suspecte faţă de cele normale;

— se verifică dacă legăturile de fixare a conductelor pe suporţi, estacade etc. nu s-au deplasat şi dacă se menţin în poziţie iniţială asigurînd stabilitatea conductelor;

— se verifică racordurile conductelor la fiecare aparat în acelaşi scop ca mai înainte, adică în privinţa etanşeităţii, rigidităţii şi siguranţei în funcţionare;

— se verifică dacă lagărele aparatelor rotative nu se încălzesc exagerat şi dacă în sarcină cu aer funcţionarea acestor aparate nu a produs deplasări de pe fundaţie, dezaxîndu-le;

— în linii generale se va urmări dacă toate organele în mişcare se mişcă normal;

— se variază debitul de aer prin variaţia turaţiei organelor de antrenare de la minim la maxim, în reprize scurte şi se verifică modul cum răspunde instalaţia pe ansamblu în asemenea situaţie;

— se măreşte debitul cu 10—15% peste cel normal, de asemenea în reprize scurte şi se urmăreşte modul de comportare a instalaţiei în ansamblu, în special la poziţiile de fixare, la şubere şi clapete.

Întrucît această probă este numai pentru a se vedea *„cum se roteşte instalaţia"*, nu se vor face măsurători de debite, consumuri sau pierderi. Singura măsurătoare care se va face şi cu atenţie deosebită, va fi a pierderilor de presiune pe ansamblul instalaţiei, pe tronsoanele principale de conducte şi la aparatele principale de epurare. Se vor compara aceste pierderi de presiune cu cele prevăzute în proiect, ţinîndu-se bineînţeles seama de coeficientul de viscozitate a aerului, care poate fi diferit de cel al gazelor (fluidelor) care vor fi epurate cu instalaţia respectivă.

Comparaţia rezultatelor este foarte importantă, deşi orientativă, deoarece indică totuşi un prim punct de verificare a unor parametri mai importanţi ai unei instalaţii de epurare.

Acestei probe trebuie să i se dea o mare atenţie şi durata ei trebuie să asigure timpul necesar efectuării tuturor verificărilor şi notării tuturor observaţiilor şi defectelor ce s-ar ivi. După ce instalaţia a fost urmărită şi verificată cu atenţia cuvenită şi s-au notat toate constatările, se opreşte instalaţia şi se analizează cele constatate în raport cu prevederile proiectului. În cazul în care

Scanned with OKEN Scanner

eventualele defecţiuni care s-au ivit sînt numai de natură constructivă, se va trece cît mai repede la remedierea lor, dacă aceasta se poate face cu mijloacele atelierelor şantierului sau întreprinderii respective; dacă nu, se vor solicita atelierele de specialitate. În orice caz remedierile trebuie executate corect şi conştiincios.

În cazul în care s-au găsit aparate sau părţi de instalaţii necorespunzătoare faţă de prevederile proiectului, se va cere schimbarea acestora cu altele corespunzătoare.

După executarea remedierilor sau efectuarea înlocuirilor necesare, se va repeta proba şi se va verifica modul de comportare a acestora.

Sub nici un motiv nu se va considera proba de funcţionare la rece efectuată şi nu se va trece la probele de recepţie propriu-zise, pînă ce instalaţia nu funcţionează în totalitate în condiţiunile cerute de proiect.

II.3. PROBELE DE PRELUARE (recepţie)

a. **Măsuri pregătitoare.** Probele de funcţionare la rece au scopul de a se verifica dacă fiecare aparat şi instalaţie în ansamblu funcţionează din punct de vedere mecanic, dacă aparatele componente sînt cele prevăzute în proiect şi dacă montajul întregii instalaţii a fost executat corect, deci poate asigura o funcţionare în sarcină de lucru a instalaţiei de epurare. Dacă după definitivarea acestor probe se confirmă un rezultat pozitiv, se poate trece la probele de preluare adică la recepţia propriu-zisă a instalaţiei.

Probele de preluare se vor face numai după ce întreprinderea pe care o deserveşte a intrat în funcţiune în regim normal de producţie, adică după ce probele de recepţie ale acesteia au fost terminate. Acest lucru este absolut necesar, deoarece numai atunci se pot asigura condiţiile optime de încercare a instalaţiei de epurare în sarcină totală şi se pot verifica randamentele necesare.

În general, dacă în contracte nu se prevăd condiţii speciale, probele de recepţie, adică de funcţionare la parametrii contractuali, se fac pe o perioadă de 72 h de la pornirea în sarcină plină, care se menţine constantă, nepermiţîndu-se opriri sau înlocuiri de componente ale instalaţiei care se încearcă. Dacă sînt totuşi cazuri cînd în această perioadă este necesară oprirea instalaţiei pe durata celor 72 h, se repetă probele din nou pe o nouă durată de 72 h, aceasta socotindu-se de la noua pornire a instalaţiei.

În cadrul probelor de recepţie se măsoară: ● *atingerea capacităţii maxime de lucru garantată pe instalaţie;* ● *consumurile spe-*

Scanned with OKEN Scanner

cifice ; ● *randamentul aparatelor de epurare ;* ● *curba caracteristică și randamentul aparatelor de antrenare și a pompelor principale de lichid ;* ● *gradul de reținere a aparatelor de epurare ;* ● *capacitatea apei de răcire și realizarea condițiilor de calitate pentru aceasta la lagărele ventilatoarelor (dacă este cazul)... și a apei de la aparatele de epurare (dacă instalația de epurare lucrează cu astfel de aparate ;* ● *modul de funcționare al aparatelor înregistratoare pentru măsură și control ;* ● *capacitatea de lucru și randamentul instalațiilor de evacuare a reziduurilor de la aparatele de epurare.*

Efectuarea măsurătorilor se face după metoda convenită cu furnizorii în contractele de vînzare-cumpărare. Dacă nu sînt prevăzute condiții speciale în contractele arătate mai înainte, probele de garanție se consideră îndeplinite dacă parametrul măsurat se află față de cel garantat conform relației :

$$A_m \geqslant \pm A_g \, \varepsilon \, ; \qquad \text{(II.6)}$$

A_m = valoarea măsurată ;
A_g = valoarea garantată ;
ε = eroarea medie pătratică asupra mărimii A dedusă din calculul erorii, efectuat pe baza claselor de măsură ale aparatelor folosite.

De obicei, la măsurători de garanție pentru consumuri specifice, eroarea relativă admisă este cuprinsă între 2 și 2,5%.

Înainte de începerea probelor se vor lua următoarele măsuri : ● *se va verifica dacă toate deschiderile de control și vizitare, șuberele, gurile de pătrundere, clapetele, robinetele etc. sînt la poziția normală de funcționare a instalației (deschise sau respectiv închise) ;* ● *se va verifica dacă procesul tehnologic al întreprinderii respective este în desfășurare normală, adică dacă volumul de gaze (aer) care trebuie epurat asigură o desfășurare normală a probelor de recepție ;* ● *se va verifica dacă personalul care deservește instalația de epurare se află la posturile respective.*

b. **Pornirea instalației :** ● *se conectează întrerupătorul de curent care alimentează instalația și se aduce treptat reostatul în poziția de funcționare ;* ● *se deschide lin clapeta gurii de evacuare a aparatelor de antrenare, urmărind după ampermetru ca sarcina motorului să nu depășească pe cea indicată în instrucțiuni ;* ● *se va controla după 5—10 min. de la pornirea aparatelor de antrenare temperatura gazelor (fluidului) introduse ;* ● *După ce gazele (fluidul) au ajuns la temperatura prescrisă, se va trece la verificarea*

Scanned with OKEN Scanner

fiecărei părți din instalație.

Înainte de a descrie modul de urmărire a desfășurării probelor de recepție, se consideră necesar a se aminti din nou că recomandările făcute pînă acum au un caracter general, deoarece instalațiile de epurare diferă mult între ele, atît ca volum, cît și din punct de vedere concepțional. (o instalație de epurare care va deservi o centrală termoelectrică diferă de alta care deservește un combinat siderurgic, sau de alta care deservește un combinat chimic).

În continuare recomandările ce se vor face nu vor depăși cadrul general, indicîndu-se doar relațiile deduse din practica și exploatarea aparatelor și componentelor instalațiilor de epurare după specificul lor de deservire.

c. Verificarea aparatelor de antrenare a fluidelor de epurat (ventilatoare, aspiratoare de fum, exhaustoare, suflante etc.). În ceea ce privește organele de antrenare, în afara materialului din care trebuie confecționate, ca urmare a caracteristicilor gazelor (fluidelor) pe care le transportă — verificare făcută la probele anterioare — atenția va fi îndreptată asupra debitelor pe care trebuie să le dovedească, puterea consumată și presiunea produsă.

În cazul în care aceleași organe care deservesc instalația de epurare au influență și asupra tirajului coșurilor, la probele care se fac se va ține seamă și de această influență. Probele de recepție nu urmăresc să verifice concepția proiectului, ci doar realizarea parametrilor prevăzuți în proiecte și contractele de vînzare-cumpărare ale utilajelor respective.

Puterea consumată la arborele aparatului de tiraj aspirat și refulat:

$$P_v = \frac{VH}{3600 \times 102 \times \eta} [kW]; \qquad \text{(II.7)}$$

V = debitul aparatului de antrenare [m^3/h];
H = înălțimea de refulare [mm H_2O; kgf/m^2];
η = randamentul aparatului de antrenare.

Puterea consumată de electromotorul aparatului:

$$P_{el} = \frac{V \cdot H}{3600 \times 102 \times \eta \cdot \eta_{el}} kW; \qquad \text{(II.8)}$$

η_{el} = randamentul electromotorului.

Raportată la întregul agregat (aparat + electromotor), puterea consumată devine:

Scanned with OKEN Scanner

$$P_{el} = \frac{VH}{3600 \times 102 \cdot \eta_a} [kW]; \qquad \text{(II.9)}$$

η_a = randamentul agregatului.

Debitul de fluid epurat:

$$V = Fv'_g \; [m^3/s]; \qquad \text{(II.10)}$$

F = secțiunea gurii de ieșire a fluidului din aparat [m²];
v'_g = viteza de ieșire a fluidului din aparat [m/s]. Viteza fluidelor (gazelor) se măsoară cu aparatele arătat mai înainte (v. subcap. II.1).

Presiunea creată în aparat:

$$\Delta_{p_t} = \Delta''_{p_t} - \Delta'_{p_t} = (\Delta''_{p_{st}} + \Delta''_{p_d}) - (\Delta'_{p_{st}} + \Delta'_{p_d}) = (\Delta''_{p_{st}} + \frac{v''^2_g}{2g}) - (\Delta'_{p_{st}} + \frac{v'^2_g}{2g}\gamma) [mm\ H_2O]; \qquad \text{(II.11)}$$

Δ''_{p_t}; Δ'_{p_t} = presiunea totală la ieșirea și respectiv intrarea în aparat [mm H_2O];
$\Delta''_{p_{st}}$; $\Delta'_{p_{st}}$ = presiunea statică la ieșirea și respectiv intrarea în aparat [mm H_2O];
Δ''_{p_d}; Δ'_{p_d} = presiunea dinamică la ieșirea și respectiv intrarea în aparat [mm H_2O];
v''_g; v'_g = viteza de ieșire și respectiv intrare în aparat [m/s]; în m/s,
γ = greutatea specifică a gazelor (aerului), [kg/m³];
g = accelerația gravitației (9,81 m/s²).

Presiunea totală la aparatele cu aspirație liberă:

$$\Delta p_t = \Delta''_{p_{st}} - \frac{v''^2_g}{2g}\gamma \; [mm\ H_2O]. \qquad \text{(II.12)}$$

Presiunea totală:

1) În cazul unei depresiuni la aspirație și a unei presiuni la refulare:

$$\Delta p_t = \Delta''_{p_{st}} + \Delta'_{p_{st}} + \left(\frac{v''^2_g}{2g} - \frac{v'^2_g}{2g}\right)\gamma \; [mmH_2O]. \qquad \text{(II.13)}$$

Scanned with OKEN Scanner

2) În cazul aparatelor de tiraj aspirat cu depresiune la ieșire :

$$\Delta p_t = \Delta'_{p_{st}} - \Delta''_{p_{st}} + \left(\frac{v''^2_g}{2g} - \frac{v'^2_g}{2g}\right) \quad [mm\ H_2O]; \qquad \text{(II.14)}$$

Presiunea statică $\Delta''_{p_{st}}$ este suma rezistențelor conductei de refulare, iar $\Delta'_{p_{st}}$ suma rezistențelor conductei de aspirație.

Randamentul aparatelor depinde de calitatea construcției și de starea de uzură a paletelor și în mod normal el are următoarele valori :

1) Aparate radiale mici $\eta \approx$ *0,65—0,70.*
2) Aparate radiale mari $\eta \approx$ *0,78—0,82.*
3) Aparate axiale mari $\eta \approx$ 0,80—0,88

La verificarea aparatelor dimensionarea se face pentru un debit de gaze mărit cu $\approx$ 10% peste cel corespunzător din calcul pentru sarcina maximă a instalației de epurare respectivă.

La probele de recepție a aparatelor de antrenare, în special la ventilatoare, aspiratoare de fum și exhaustoare trebuie ținut seama și de regimul în care lucrează instalația de epurare, adică dacă aceste organe vor antrena aer nociv, gaze nocive sau gaze cu praf (impurități solide).

În cazul în care trebuie să deplaseze gaze care conțin praf, determinarea puterii la arborele acestor mașini diferă de modul arătat mai înainte, deoarece puterea utilă la cuplajul acestor mașini se compune din două părți și anume : la puterea necesară antrenării gazelor sau aerului fără praf se adaugă puterea necesară pentru deplasarea prafului (în special la termocentrale unde se transportă mari cantități de cenușă zburătoare sau la combinatele metalurgice, fabricile de ciment și de materiale de construcții etc.).

Puterea necesară pentru deplasarea prafului :

$$P_p = VHC \ [kgf \cdot m/s]; \qquad \text{(II.15)}$$

C este concentrația prafului în gazul de epurat [kgf/m^3].

La acest fel de aparate puterea totală necesară va fi suma dintre puterea necesară pentru deplasarea gazelor (aerului), fără praf P_v și puterea necesară pentru transportul prafului P_p :

$$P_{tot} = P_v + P_p \ [kgf.m/s]. \qquad \text{(II.16)}$$

Scanned with OKEN Scanner

Randamentul unui astfel de agregat este:

$$\eta_{tot} = \frac{VH\ (1 + C)}{102\ P_e}; \qquad \text{(II.17)}$$

P_e este puterea absorbită la cuplajul agregatului [kW].

Toate verificările de mai înainte se vor executa în plină sarcină de funcţionare a instalaţiei. Pe toată durata probelor aparatele trebuie să păstreze un regim de lucru constant (turaţie, debit, consum de energie etc.), să nu prezinte deformări, încălziri în lagăre, carcasă, să nu facă zgomot care să depăşească limitele admise de normele în vigoare. Electromotorul, de asemenea, trebuie să-şi păstreze turaţia respectivă, să nu se încălzească peste limitele admise, să nu aibă trepidaţii, să aibă un mers silenţios şi să-şi menţină puterea prescrisă.

d. **Organele de transport al fluidelor de epurat.** În perioada probelor de recepţie aceste organe trebuie verificate de asemenea cu o atenţie deosebită, deoarece ele transportă agenţi nocivi de la ieşirea din aparatul de antrenare pînă la aparatul de epurare propriu-zis.

Deşi modul cum trebuie să se comporte acestea a fost descris la verificarea individuală (v. § II.2.2), **la probele de recepţie în sarcină** pot apărea însă anumite situaţii care nu au putut fi verificate la punctul anterior, deoarece la probele făcute s-a utilizat aer, iar la probele în sarcină a instalaţiei se utilizează agentul nociv. De aceea **sînt necesare următoarele verificări:**

1) La punctele de asamblare se va vedea dacă nu sînt scăpări de praf sau aer nociv, care deja în perioada acestor probe pot crea situaţii periculoase.

2) La piesele de închidere, deschidere şi reglaj (şubere, clapete etc.) se va vedea de asemenea dacă sînt suficient de etanşe şi la rîndul lor nu au scăpări de agenţi nocivi.

3) La instalaţiile care lucrează sub depresiune se va vedea dacă nu sînt aspiraţii de aer. Acest lucru este total nerecomandabil deoarece măreşte debitul de fluid peste cel pentru care au fost calculate conductele, ducînd la o suprasolicitare a întregii instalaţii şi o creştere a consumului de energie.

4) Întrucît în unele întreprinderi gazele au temperaturi ridicate, *se va vedea dacă izolările termice făcute şi măsurile de protecţie şi securitate a muncii sînt corespunzătoare,* deoarece la probele anterioare (v. § II.2.2.) acest lucru de asemenea nu a fost posibil de verificat. *O atenţie deosebită trebuie dată comportării la temperatură atît a zidăriei, cît şi a tencuielilor interioare ale*

Scanned with OKEN Scanner

canalelor din zidărie și anume, dacă nu apar crăpături, deteriorări ale porțiunilor tencuite, fisuri prin zidărie, deteriorări ale izolației hidrofuge de la exteriorul canalelor (topirea materialului de izolare, bitum, smoală etc.), ceea ce ar permite infiltrări de ape freatice în canale, mai ales la acelea care lucrează sub depresiune.

5) Se va verifica, de asemenea, în cazul gazelor cu temperaturi ridicate, *modul de funcționare a aparatelor înregistratoare* amplasate pe toate organele de transport, deoarece nici acest lucru nu a putut fi verificat la probele anterioare.

e. Aparatele de captare a impurităților (separatoare de praf). Aparatele de captare a impurităților diferă aproape la fiecare instalație de epurare, deoarece ele se montează în instalația respectivă în funcție de specificul fiecărui fluid care trebuie epurat. Datorită acestui fapt descrierea probelor de recepție a acestor aparate sub sarcină se va face după o clasificare stabilită anterior[1]), întrucît modul de funcționare al acestora diferă de la unul la altul.

Este absolut necesar să se insiste asupra probelor de recepție în sarcină, în ansamblul instalației de epurare, deoarece la recepția individuală arătată la capitolele anterioare, astfel de probe nu sînt posibile întotdeauna, iar la unele această operație este chiar imposibil de efectuat, mai ales că majoritatea acestor aparate se procură confecționate de la firme de specialitate, fără a se avea întotdeauna posibilitatea ca performanțele lor să fie verificate în uzina constructoare, cu un mediu real de lucru.

Conform clasificării enunțate mai înainte, **prima categorie de aparate care se va lua în considerație va fi :**

1) Aparatele care folosesc principiul de detentă. Aparatele mai des utilizate în practica epurării și separării prafului după acest principiu sînt :

1.1) Camerele de depunere simple. Aceste aparate se folosesc acolo unde gazele care trebuie epurate conțin mari cantități de praf sau particule solide și unde nu se cere un grad mare de epurare. Ele se construiesc din zidărie sau metal (tablă). În perioada probelor de preluare (recepție) la acest fel de aparate se va verifica : ● dacă este respectată viteza de trecere a gazelor prevăzută în proiect (cel mai important lucru la acest fel de aparate), de obicei 0,3—0,5 m/s și dacă mișcarea este complet liniară ; ● dacă modul de executare a tencuielilor interioare nu creează

[1]) V. lucrarea : *Protejarea aerului atmosferic. Ghid practic.* Autori : PASCU D. URSU ș.a., Editura tehnică, București, 1978.

Scanned with OKEN Scanner

turbulenţe în scurgerea gazelor (fluidelor), ducînd la fenomene contrarii scopului pentru care sînt construite; ● în cazul în care sînt construite din metal şi epurează gaze cu temperaturi ridicate, se va verifica dacă izolaţia termică exterioară este corespunzătoare şi nu creează probleme pentru protecţia şi securitatea muncii; ● dacă gurile de vizitare şi de evacuare a prafului depus corespund scopului pentru care au fost făcute, sînt etanşe, permit un acces lejer la manipulare; ● dacă raportul K dintre lăţime şi înălţime este bine ales şi în raport cu mărimea particulelor, în vederea păstrării vitezei proiectate. Acest raport trebuie să fie mai mare decît 1. Pentru uşurinţa celor care fac aceste verificări, se dau mai jos cîteva valori ale lui K în funcţie de diametrul particulei (stabilite în practică şi exploatare):

Diametrul particulei [μ]	100	87	50	25	10	1
Raportul K	1,33	1,00	0,33	0,085	**0,013**	0,00013

1.2) *Camerele de depunere cu deflector şi plăci.* Şi la acest fel de aparate sînt valabile recomandările făcute la punctul precedent. În afară de acestea se va mai verifica: ● dacă deflectoarele sînt bine reglate şi permit circulaţia gazelor la viteza prescrisă în proiect; ● dacă dispozitivul de acţionare a plăcilor poate fi manevrat uşor în timpul funcţionării aparatului şi depunerile de praf cad uşor şi nu obturează secţiunea de trecere a gazelor, fapt care poate provoca înfundarea aparatului (sub nici un motiv nu se vor utiliza aceste aparate acolo unde prafurile conţin particule lipicioase sau gazele au viscozitate mare).

2) *Aparatele care folosesc principiul de impact, şoc şi inerţie.* Din grupa acestor aparate în instalaţiile de epurare se întîlnesc cel mai frecvent următoarele:

2.1) *Camerele de depunere cu şicane.* Acest fel de aparate sînt ceva mai complicate ca cele arătate anterior, deoarece gazele care trebuie epurate nu mai au o mişcare liniară, ci o turbulenţă dirijată. Şi la acest fel de aparate viteza de trecere a gazelor este redusă şi se folosesc pentru scopuri similare cu cele arătate mai înainte, dar cu un grad de epurare (separare) mai ridicat. De aceea în perioada de probe se vor verifica, în afară de cele recomandate anterior, şi următoarele: ● dacă circulaţia gazelor este uniform repartizată în toate compartimentele şicanelor; ● dacă

Scanned with OKEN Scanner

pereţii şicanelor sînt bine lustruiţi şi nu prezintă asperităţi care ar crea depuneri pe ele; ● dacă dispozitivele de curăţire a şicanelor funcţionează normal; ● dacă dispozitivele de evacuare a depunerilor (de obicei şnecuri) dau rezultatele scontate realizînd o evacuare uniformă şi continuă; ● dacă nu se produc înfundări pe traseul de circulaţie a gazelor şi dacă există posibilitatea de remediere a acestora fără oprirea aparatului; ● dacă se realizează randamentul scontat şi gradul de epurare (separare) prevăzut în proiect.

2.2) *Pulvocaptoarele*. Întrucît astfel de aparate au o construcţie mai complicată, verificarea lor în funcţionare necesită un grad de exigenţă mai ridicat şi anume: ● dacă este bine axat în conducta unde este montat; ● dacă inelele din care este confecţionat sînt concentrice deoarece dacă acest lucru nu este respectat circulaţia gazelor nu va fi uniformă şi va duce la înfundarea aparatului; ● dacă spaţiul dintre inele este acelaşi pe toată lungimea aparatului; ● dacă materialul din care este confecţionat este cel prescris în proiect, mai ales atunci cînd trebuie epurate gaze cu temperaturi ridicate. În cazul în care acest lucru nu este respectat se vor ivi deformaţii ale aparatului scoţîndu-l din funcţiune, mergînd pînă la înfundarea conductei în care este montat; ● dacă pierderea de presiune nu depăşeşte pe cea preconizată; **Pierderea de presiune totală de la intrarea în aparat şi pînă la acumulatorul de praf** (presupunînd presiunea în acumulatorul de praf egală cu presiunea atmosferică $\Delta p_s = 0$) **se poate verifica astfel:**

$$\Delta p_t = 1{,}75\ \Delta p_n + \frac{V'_n}{V'_a} \cdot \Delta' p_a \quad [kg/m^2];$$

Δ_{p_n} = presiunea dinamică a aerului la întrare [mm H_2O];
Δ_{p_a} = pierderea de presiune în aparat [mm H_2O; kgf/m^2];
V'_n = volumul de aer care intră în acumulatorul de prar [m^3/h];
V'_a = volumul total al fluidului (gazelor) care intră în aparat [m^3/];

● dacă toate dispozitivele de acces şi reglare prezintă etanşeitatea tare în cazul unor reparaţii sau a înlocuirii aparatului; ● dacă s-a prevăzut spaţiul necesar în apropierea conductei respective, pentru depunerea aparatului în eventualitatea cazurilor arătate; ● dacă s-a prevăzut posibilitatea de acces, de montare şi remon- corespunzătoare şi dacă pot fi uşor manevrabile.

Scanned with OKEN Scanner

Randamentul practic al acestui fel de aparate trebuie să se încadreze în general în următoarele limite:

Dimensiunea particulelor [μ]	5	10	15	20	25	30	40	50
Gradul de separare: [%]	25,0	47,0	63,0	76,0	86,5	91,3	94,8	96,3

3) *Aparate care folosesc principiul de epurare centrifugă,* Se știe că aparatele de epurare care folosesc acest principiu sînt constituite în general dintr-un cilindru, asociat sau nu cu un con prevăzut cu o intrare tangențială sau directă și o ieșire tubular axială. Tehnica epurării centrifuge este destul de complicată și, cu toate realizările obținute pînă în prezent, nu se greșește dacă arătăm că sîntem încă foarte departe de situația în care să se poată spune că s-a făcut totul pentru a se putea determina, prin calcul, construcția optimă a unui astfel de aparat, chiar dacă din punct de vedere aerodinamic s-ar putea accepta că lucrurile ar fi lămurite. Datorită acestui fapt, verificarea în producție a acestor aparate necesită o atenție deosebită, iar în perioada probelor de preluare verificările trebuie făcute cu toată exigența posibilă.

Dintre aparatele utilizate în practică din această grupă fac parte:

3.1) Separatorul (epuratorul) cu ciclon. Astfel de aparate au un volum foarte variat și se execută fie din beton armat, fie din metal. Datorită volumului lor, sînt instalate de obicei în aer liber, adică în afara incintei întreprinderii pe care o deservesc. Sînt preferate la instalațiile cu mari cantități de fluide de epurat (gaze sau aer) și anume: cuptoarele metalurgice, centralele termoelectrice, combinatele de producere a materialelor de construcție etc. În acest fel de aparate circulația fluidului de epurat este supusă mai multor feluri de mișcări și anume, pe lîngă mișcarea de rotație a fluidului, există o mișcare axială care, lîngă pereții părții cilindrice și conice, este dirijată spre vîrful conului, iar în porțiunea centrală a conului este dirijată în sens invers.

Datorită acestor considerente, la acest fel de aparate se va verifica în mod special: ● *dacă aparatul este montat perfect vertical și prezintă stabilitatea necesară în perioada funcționării;* ● *dacă pereții aparatului, indiferent de materialul din care este confecționat, nu au asperități și permit o circulație normală a fluidului de epurat. Orice asperitate pe perete creează mișcării*

Scanned with OKEN Scanner

fluidului fenomene de impact locale (adică acolo unde asperitățile se fac simțite), dereglînd procesul arătat mai înainte și reducînd mult eficacitatea aparatului; ● *dacă conducta de evacuare a fluidului epurat este montată pe axa aparatului și permite desfășurarea circulației corect în aparat. O montare dezaxată a acestor conducte duce la funcționarea necorespunzătoare a aparatului sau chiar la ineficacitatea lui;* ● *dacă conducta de aducțiune a fluidului în ciclon a fost montată perfect tangențial și permite ca fluidul să intre în ciclul de circulație din aparat complet centrifug;* ● *dacă evacuarea depunerilor (praf, cenușă, zgură etc.) din conul de la partea inferioară a aparatului funcționează continuu, deoarece în cazul în care depunerile nu sînt evacuate la timp ele ating nivele de la care pot fi din nou antrenate de curent, introduse în fluidul epurat și evacuate în atmosferă, transformînd aparatul din epurator în sursă de poluare;* ● *dacă dispozitivele de asamblare la conducta de aducțiune a fluidului (clapetele de închidere și reglare) acționează normal și accesul la ele este ușor;* ● *în cazul construcției din metal și a epurării de gaze cu temperaturi ridicate, se va verifica dacă s-a făcut izolarea termică și dacă aceasta este corespunzătoare din punct de vedere al protecției și securității muncii;* ● *dacă, în cazul unor reparații sau al unor înlocuiri de părți din aparat, s-au prevăzut spațiile necesare pentru depozitarea acestora;* ● *dacă aparatele de măsură și control funcționează normal (viteză, pierdere de presiune, umiditate etc.).*

Gradul de separare al acestui fel de aparate este dependent de mai mulți factori și anume:

$$\eta = f(\gamma_1, d, \gamma_2, \eta_d, v_r, r, g); \qquad \text{(II.18)}$$

γ_1 = greutatea specifică a particulelor solide din fluid [kg/m³];
γ_2 = greutatea specifică a fluidului (gazelor, aerului), [kg/m³];
d = diametrul particulei medii [m];
η_d = viscozitatea dinamică a fluidului [kg/s·m²];
v_r = viteza radială a particulelor în aparat [m/s];
r = raza de rotație a curentului de fluid [m];
g = accelerația gravitației [m/s²].

Pentru caracterizarea randamentului de separare a unu aparat cu ciclon se folosește **caracteristica de separare B:**

$$B = \frac{v_c \; v_d}{2 r_a \; g}; \qquad \text{(II.19)}$$

v_d = viteza medie impusă în aparat [m/s];
r_a = raza mantalei ciclonului [m];
v_c = viteza de cădere a granulei limită [m/s].

La dimensiuni geometrice asemănătoare și la aceeași valoare a lui B, traiectoriile particulelor de praf sînt asemănătoare și deci vor trebui să rezulte și randamente de separare egale.

Gradul de separare în cazul montării în serie a două cicloane:

$$\eta_t = \eta_1 + \frac{(100 - \eta_1)\,\eta_2}{100}; \qquad \text{(II.20)}$$

η_1 și η_2 sînt randamentele celor două cicloane.

Pierderea de presiune în astfel de aparate este funcție de modul de concepție și de construcție.

Pierderea de presiune la vitezele de admisie practice obișnuite se poate verifica astfel:

$$\Delta P = \xi_d \frac{v_d^2}{2g}\gamma; \qquad \text{(II.21)}$$

v_d = viteza medie din aparat [m/s];
γ = greutatea specifică a mediului în care se mișcă curentul de gaze [kgf/m³];
ξ_d = un factor care depinde de forma aparatului și numai în mică măsură de mărimea și încărcarea acestuia:

$$\xi_d = \frac{\Delta P}{\frac{v_d^2}{2g}\gamma} \quad \text{(în general se ia 2,75).} \qquad \text{(II.22)}$$

Conținutul de praf are numai o mică influență asupra pierderilor de presiune, ba chiar se presupune că un conținut mare de praf micșorează această pierdere (datorită reducerii turbulenței curgerii fluidului).

În practică aceste aparate dau următorii **coeficienți de epurare:**

Diametrul mediu al particulei [μ]	0—6	6—10	10—15	15—20	20—30
Gradul de epurare [%]	39,4	88,7	99,2	99,4	99,8

Scanned with OKEN Scanner

3.2) Multicicloanele. Aceste aparate sînt o grupare de mai multe cicloane mici (microcicloane).

În afară de cele arătate la poziția anterioară, **se vor face în plus la preluare următoarele verificări:** ● *dacă montajul este destul de rigid ca să nu permită modificarea poziției microcicloanelor;* ● *dacă dispozitivul de distribuție a fluidului în microcicloane este uniform și acela prevăzut în proiect. O alimentare neuniformă cu fluid a microcicloanelor poate duce la înfundarea unora și deci la reducerea randamentului întregului aparat;* ● *dacă s-a prevăzut un acces ușor în vederea unor eventuale desfundări sau reparări și înlocuiri ale unor microcicloane uzate sau defecte.*

3.3) Cicloane speciale. Datorită apariției unor materiale de construcție care rezistă la temperaturi din ce în ce mai ridicate s-au putut realiza și aparate de epurare cu ciclon pentru fluide (gaze sau aer) cu temperaturi mult ridicate (pînă la 1 000°C și chiar mai mult). Rezultă deci că astfel de aparate necesită construcții cu totul speciale și deci verificarea lor în probele de preluare sînt de asemenea deosebite.

Modul de funcționare al acestor aparate trebuie descris foarte detaliat de proiectant sau firma furnizoare, iar verificările se vor face în funcție de aceste instrucțiuni. În general aceste aparate se utilizează la combinatele metalurgice și chimice și au capacități mari de lucru (peste 100 000 m^3/h). Ele nu au o pierdere de presiune prea mare (de ordinul a 4 m bar) și o eficacitate rezonabilă (peste 90%). Atenția deosebită în probele de preluare trebuie să fie asupra modului de execuție, a montajului și a posibilităților de deservire ușoară și rapidă în caz de eventuale defecțiuni sau reparații.

4) Aparate care folosesc principii filtrante. Din această categorie fac parte aparatele care utilizează ca mediu filtrant țesăturile; de aceea li se mai spune și filtre cu țesături. În practică se întîlnesc două tipuri: cu țesătura care captează praful, sub formă de saci tubulari sau mîneci, datorită cărui fapt se mai numesc și filtre tubulare, cu saci sau cu mîneci și cu țesătura sub formă de panouri plane numite din acest motiv filtre plane. Cele mai des utilizate sînt cele din prima categorie, adică:

4.1) Filtrele tubulare. O teorie exactă care să poată defini procesul care se desfășoară în acest fel de aparate nu există încă, dimensionarea acestora făcîndu-se pe baza unor realizări și deducții practice, de aceea o verificare rațională în probele de recepție nu este posibilă. Oricît de fine ar fi țesăturile utilizate,

Scanned with OKEN Scanner

porii acestora sînt oricum mai mari decît diametrul celei mai mari particule captate.

În perioada de probe se va verifica: ● *dacă forma tuburilor (mînecilor) din țesături sînt la dimensiunile prevăzute în proiect, dacă sînt bine executate și bine fixate pe suporții respectivi, neputîndu-se deplasa în timpul funcționării;* ● *dacă țesătura din care sînt executate aceste tuburi este cea adecvată caracteristicilor fluidului de epurat (gaze, aer);* ● *dacă nu există spărturi sau găuri în tuburile de țesătură, care ar permite trecerea prafului cu fluidul ce se poate strecura prin aceste găuri;* ● *dacă fluidul de epurat nu are un grad de umiditate mai mare decît cel prevăzut la elaborarea proiectului instalației respective. În cazul în care acest grad de umiditate este mai mare se produce înfundarea filtrelor și deci scoaterea lor din funcțiune;* ● *dacă particulele care* trebuie reținute de aparat nu sînt lipicioase, ceea ce ar crea *același fenomen arătat la punctul precedent;* ● *dacă carcasa filtrului este bine etanșată și nu permite refularea de fluid cu praf, mai ales la acelea cu grad ridicat de nocivitate și dacă nu aspiră aer din afară mărind în acest mod consumul de energie peste cel prevăzut;* ● *dacă racordurile de intrare a fluidului de epurat și cele de ieșire a celui epurat sînt etanș executate și prevăzute cu garniturile corespunzătoare;* ● *dacă dispozitivele de reglare, închidere și scoatere din circuit ale unor secțiuni de filtrare (clapete, șubere etc.) funcționează normal și se manevrează ușor;* ● *dacă dispozitivele de curățire a tuburilor din țesături acționează normal și în timpul prevăzut, sînt eficiente și destul de robuste;* ● *dacă este prevăzut accesul rapid la aceste dispozitive în vederea unor eventuale reparații sau înlocuiri de piese uzate;* ● *în cazul în care aparatele sînt amplasate în afara încăperilor, se va verifica dacă s-au luat măsurile respective contra coroziunii și intemperiilor;* ● *dacă instalațiile de evacuare a reziduurilor rezultate de la epurare funcționează continuu și în bune condiții neavînd scăpări care ar influența spațiile înconjurătoare.*

Viteza de trecere prin tuburile de țesături a fluidului de epurat are o mare importanță, deoarece o viteză prea mare poate rupe pînzele, iar o viteză prea mică poate duce la înfundare. Se va verifica deci: ● *viteza brută de trecere* care se definește prin raportul dintre debitul de fluid de epurat și suprafața de filtrare totală a aparatului; ● *viteza efectivă de trecere* care se definește prin raportul dintre debitul de fluid de epurat și suprafața filtrantă în cursul utilizării, adică suprafața totală a filtrului mai

Scanned with OKEN Scanner

puţin suprafaţa filtrantă conţinută de compartimentul în curs de curăţire, deoarece practic întotdeauna un compartiment al aparatului se află în curs de curăţire. Practic această viteză este cuprinsă între 0,5—1,5 cm/s, variaţia fiind în funcţie de sistemul de curăţire.

Randamentul de captare se poate verifica astfel:

$$\eta = f\left(P_i,\ Re, \frac{d_p}{2R}\right); \qquad \text{(II.23)}$$

unde cele 3 variabile sînt numere fără dimensiuni şi anume:

$P_i = \frac{\sigma\ d^2 v}{18\mu R}$ = parametrul inerţiei; $Re = \frac{vd\rho}{\mu}$ = numărul lui Reynolds; R = raza fibrei [μ];

ρ = masa specifică a fluidului de epurat (gaz, aer), [g/cm^3];

μ = viscozitatea dinamică a fluidului [poise];

v = viteza fluidului în apropierea fibrei [cm/s];

d, d_p = diametrele particulelor medii de reţinut [μ];

σ = masa specifică a particulei medii de reţinut [g/cm^3].

Coeficientul de umplere C:

$$C = \frac{Volumul\ \ filtrant}{Volumul\ \ filtrului} = \frac{\pi R^2 L}{Adh}; \qquad \text{(II.24)}$$

R = raza fibrei [μ];

L = lungimea echivalentă a fibrei (lungimea efectivă totală a tuturor tronsoanelor de fibre situate în volumul Adh, dar considerată ca fiind a unei fibre unice prezentate în curentul fluidului), [μ];

Adh = un volum de filtrare cu secţiunea A, perpendiculară pe fluxul fluidului şi grosimea dh.

Cantitatea de pra fcaptată: se verifică folosind relaţia:

$$Q = cxLv; \qquad \text{(II.25)}$$

c = concentraţia de praf (pe unitatea de volum) la intrarea în aparat,

x = grosimea părţii de curgere a fluidului.

Pierderea de presiune în acest fel de aparate:

$$P = k\mu c v_0^2 \Delta t; \qquad \text{(II.26)}$$

Scanned with OKEN Scanner

μ = viscozitatea fluidului de epurat [poise];
v_0^t = viteza fluidului la intrarea în aparat [ms/];
Δ = timpul de filtrare;
k = constantă dependentă de caracteristicile prafului (formă, greutate specifică, granulometrie), de modul cum se depune (coeficient de vid) etc.

Pentru verificări orientative, în fig. II.6 sînt date cîteva curbe din care se poate vedea pierderea de presiune în astfel de filtre în funcție de concentrație și timpul de filtrare. Întrucît în comerț țe-

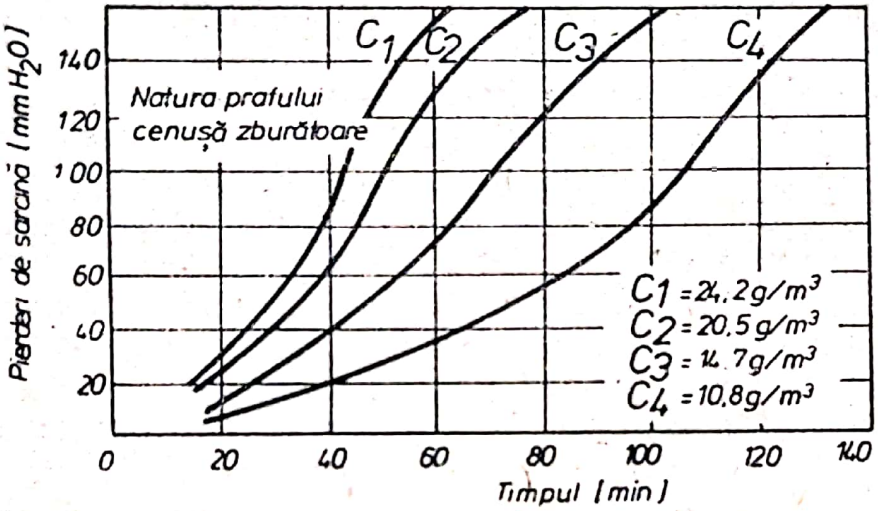


Fig. II. 6. Pierderea de presiune în funcție de timp.

săturile din fibre poartă diferite denumiri, pentru ușurarea identificării acestora de către cei care urmăresc probele de recepție se dă tabelul II.1.

Tabelul II.1

Familia poliacrilnitrililor		Familia poliesterilor		Familia poliamidelor		Familia polipropilenelor	
Denumirea	Tara	Denumirea	Tara	Denumirea	Tara	Denumirea	Tara
Crylon	Franța	Tergal	Franța	Nylon	S.U.A. Franța	Menaklon	Italia
Dralon	R.F.G.	Dacron	S.U.A.	Perlon	R.F.G.	—	—
Orlon	S.U.A.	Terylen	Anglia	Enhalon	Olanda	—	—
—	—	Diolen	R.F.G.	Nomex	S.U.A.	—	—

4.2) *Filtrele plane.* Acest fel de filtre este mai rar utilizat în producție. Principiul de funcționare, în general, este același cu deosebire că la curățire problemele sînt ceva mai complicate. În linii

generale, în perioada probelor de recepţie, se vor face aceleaşi verificări arătate mai înainte.

4.3) *Filtrele în contracurent.* Construcţia acestor filtre este de o concepţie mai modernă. Materialul textil din ţesătură este, în general, confecţionat tot în formă de tuburi ca la filtrele tubulare, deosebindu-se de acestea prin modul de fixare al tuburilor, modul de funcţionare şi modul de curăţire.

În afară de recomandările arătate mai înainte, **în perioada probelor de recepţie la filtrele tubulare, se va verifica:** ● *dacă compresorul de aer funcţionează în condiţii normale şi asigură debitul de aer necesar curăţirii tuburilor;* ● *dacă sistemul de antrenare al inelelor care suflă aerul funcţionează continuu, iar aerul este suflat uniform pe toată suprafaţa tubului;* ● *dacă orificiile din aceste inele nu sînt înfundate şi au toate acelaşi diametru;* ● *dacă materialul din care sînt confecţionate tuburile este cel corespunzător scopului pentru care a fost conceput filtrul respectiv.*

Avînd în vedere că astfel de aparate care utilizează ca mediu filtrant ţesăturile au o construcţie care diferă după firma constructoare, în perioada probelor de recepţie se vor consulta şi instrucţiunile de funcţionare ale acestora, urmărindu-se modul cum sînt respectate aceste instrucţiuni în funcţiune.

5) *Aparate care folosesc principiul separării electrostatice.* Această grupă de aparate este în exclusivitate a filtrelor electrice. Performanţele acestora depind în mare măsură de sistemul de lucru, iar soluţiile speciale pentru fiecare întrebuinţare sînt rezultatul împletirii calculelor teoretice cu experienţa practică şi încercările făcute în staţii pilot. În general astfel de aparate se proiectează separat, pentru fiecare instalaţie la care vor fi afectate şi este foarte dificil de a le include în instalaţii mai vechi.

Sînt totuşi anumite **fenomene fizice fundamentale comune tuturor filtrelor electrice** şi anume: ● *particulele în suspensie sînt încărcate electric de către ionii fluidului de epurat;* ● *o forţă electrică este aplicată particulelor de praf, conducîndu-le astfel pe suprafaţa de colectare;* ● *particulele precipitate culese pe electrozi sînt separate de aceştia printr-un sistem de smulgere sau spălare.*

Aparatele care fac parte din această grupare, după mediul în care lucrează, se împart în filtre uscate şi filtre umede, iar după modul de execuţie şi funcţionare în fitlre tubulare şi cu plăci.

Indiferent care ar fi mediul în care lucrează, cît şi modul lor de construcţie, **la probele de recepţie ale aparatelor care folosesc principiul separării electrostatice,** se va verifica: ● *dacă tensiunea de alimentare, numărul de faze şi frecvenţa sînt cele prevăzute în*

Scanned with OKEN Scanner

proiect și cartea tehnică a aparatului; ● dacă forma electrozilor și modul de montare sînt corespunzătoare pentru a se putea obține cîmpul electric de ionizare preconizat; ● dacă materialul din care au fost construiți electrozii de emisie (corona) și montanții acestora corespunde obținerii cîmpului de ionizare prevăzut în proiect; ● dacă dimensiunile geometrice (grosime, lungime, secțiune etc.) ale electrozilor sînt cele corespunzătoare; ● dacă forma electrozilor de depunere și eventualele lor prelungiri în zona de emisiune sînt corespunzătoare celor din cartea tehnică a aparatului și prevederilor din proiect; ● dacă materialul din care sînt confecționați electrozii de depunere este corespunzător (în special la filtrele umede); ● dacă s-au respectat dimensiunile geometrice ale acestora; ● dacă forma constructivă a aparatului respectiv este cea prevăzută în proiect; ● dacă materialul din care este construită carcasa aparatului și structura de susținere a electrozilor sînt cele preconizate (grosime, rezistență etc.); ● dacă forma și volumul recipientelor de colectare a particulelor separate sînt cele prevăzute în proiect și dacă materialele din care sînt construite acestea sînt corespunzătoare (grosime, rezistență la coroziune și eroziune etc.); ● dacă grosimea flanșelor de legătură ale conductelor de intrare și ieșire este cea prevăzută în proiect; ● dacă forma și materialul izolatorilor de susținere și ghidare a părților sub tensiune sînt corespunzătoare scopului; ● dacă aparatura de alimentare cu înaltă tensiune și aparatura de comandă și control cu particularitățile privind sistemul de radiație a curentului și a sistemului de limitare a sarcinii electrozilor funcționează corespunzător; ● dacă sistemul de suflare și caracteristicile suflantei de alimentare sînt corespunzătoare și funcționează conform prescripțiilor; ● dacă sistemul de evacuare a particulelor separate (a prafului) este corespunzător și funcționează continuu și ritmic, conform prevederilor din proiect și cartea tehnică a aparatului; ● dacă aparatul lucrează la capacitatea normală (m^3/h); ● dacă la capacitatea maximă prevăzută în cartea tehnică a aparatului nu apar dereglări, defecțiuni și consumuri de energie peste cele prevăzute în astfel de situație; ● dacă pierderea de presiune la capacitatea normală este cea prevăzută în proiect și cartea tehnică; ● idem, la capacitatea maximă; ● dacă viteza fluidului de epurat în filtru este cea prevăzută (minimă și maximă); ● idem, pentru timpul de traversare; ● dacă capacitatea de reținere pe unitatea de suprafață de separare a particulelor, în funcție de programul de curățire, este cea prevăzută la alegerea aparatului și corespunde scopului pentru care a fost montat în instalația de epurare; ● care este capacitatea nominală și cea maxi-

Scanned with OKEN Scanner

mă ; ● rezistența la umiditate ; ● temperatura maximă de regim ; ● rezistența la foc ; ● frecvența și durata operației de curățire ; ● dacă dimensiunile de gabarit (înălțimea, lungimea și lățimea) sînt cele prevăzute în proiect și cartea tehnică a aparatului ; ● dacă consumul de energie electrică al sistemului de alimentare principal și al sistemului de alimentare auxiliar al spălării și curățirii este cel prevăzut.

Deoarece astfel de aparate au de obicei dimensiuni mari de gabarit, se va verifica dacă s-a executat o construcție solidă de susținere și dacă accesul la toate părțile componente ale aparatului este ușor.

Randamentul unui astfel de aparat se poate verifica astfel :

$$\eta = 1 - e^{-\left(\frac{F_c}{V} v_o\right)}; \qquad \text{(II.27)}$$

F_c = suprafața de colectare [m²] ;
V = debitul de fluid epurat [m³/s]s;
v_o = viteza de separare [m/s] ;
e = sarcina electrică ($4{,}8 \times 10^{-10}$ unități electrostatice) ;
α_i = coeficientul de repartiție al particulelor.
Randamentul total = 1 — suma pierderilor respective.

Consumul de energie electrică este :

$$N = \frac{0{,}707\ U K_t I_o m}{10^6\ \eta_1} + \frac{0{,}5}{\eta_2} [kW]; \qquad \text{(II.28)}$$

U = tensiunea la partea de joasă tensiune a transformatorului [V] ;
I_o = intensitatea curentului [mA] ;
K_t = coeficientul de transformare ;
m = coeficientul formei curbei de curent electric și a motorului electric al redresorului (m = 0,7 . . . 08).

Influența dimensiunii particulelor este foarte importantă deoarece particulele cu dimensiuni uniforme nu se găsesc normal în prafurile industriale, ci ele variază într-o gamă foarte largă. Pentru fixarea ideilor se dă exemplul următor. Se consideră 3 fracțiuni de particule din punct de vedere dimensional și anume :10% cu $d_p = 1\mu$; 75% cu $d_p = 5\mu$ și 15% cu $d_p = 10\ \mu$.

Păstrîndu-se această repartiție adică : $\alpha_1 = 10\%$; $\alpha_2 = 75\%$ și și $\alpha_3 = 15\%$ și admițîndu-se o viteză de $v_5 \approx 0{,}80$ m/s pentru particule cu $d_p = 5\mu$ (acceptată în practică), rezultă pentru celelalte dimensiuni de particule :

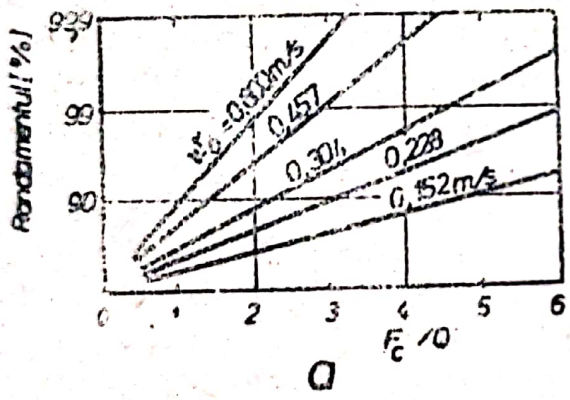
$$v_1 = \frac{1}{5} v_5 = \frac{1}{5} \times 0{,}8 = 0{,}16 \ m/s \ ; \quad v_{10} = \frac{10}{5} v_5 = \frac{10}{5} \times 0{,}8 = 1{,}60 \ m/s.$$

Dacă se aplică relaţia (II.27) la această repartiţie de dimensiuni şi se admite raportul $F_c/V = 0{,}40$ m/s (de asemenea admis în practică), **randamentul total al unui filtru în asemenea condiţii este :**

$$\eta = 1 - \left[\alpha_1 e^{-\left(\frac{F_c}{V} v_1\right)} + \alpha_2 e^{-\left(\frac{F_c}{v} v_5\right)} + \alpha_3 e^{-\left(\frac{F_c}{V} v_{10}\right)}\right] =$$

$$= 1 - \left[0{,}10 \ e^{-4 \times 0{,}16} + 0{,}75 \ e^{-4 \times 0{,}8} + 0{,}15 \ e^{-4 \times 1{,}6}\right] \approx 91{,}6 \ \%.$$

Influenţa volumului de fluid se poate verifica folosind graficele din fig. II. 7, a, b.



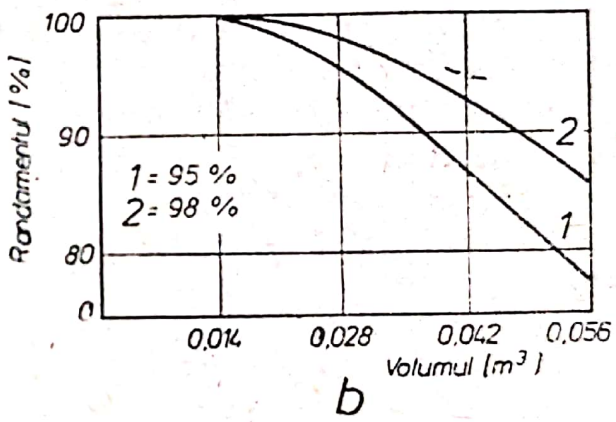


Fig. II. *a.* — Randamentul în funcţie de suprafaţa de colectare şi volumul de fluid (Fc/V) ; *b* — Influenţa volumului de fluid.

6) *Aparate care folosesc principiul umed.*

Cu mici excepţii, principiul de epurare pe cale umedă are la bază aceleaşi legi fizice, după care funcţionează şi celelalte aparate despre care s-a vorbit pînă acum. Factorul important care intervine la această grupă de aparate este mediul lichid. Datorită acestui fapt la epuratoarele care lucrează pe cale umedă, în procesul de epurare se produc simultan mai multe acţiuni şi în mod special atunci cînd captarea prafului se datoreşte prezenţei aerosolilor constituiţi din particule lichide introduse în curentul de fluid prin pulverizare.

În urma celor semnalate în perioada cercetărilor din practică, s-au observat acţiuni simultane de impact, difuzie, condensaţie, efect electrostatic şi altele, dar pînă la data actuală încă nu s-a putut determina partea exactă care revine fiecărei din aceste acţiuni.

Scanned with OKEN Scanner

În rezumat se poate concluziona: ● *fenomenele de impact ale particulelor de lichid cu cele solide (ale prafului) au efect atunci cînd particulele au diametrul pînă la 0,25μ;* ● *teoria difuziunii sau efectul mișcării browniene se observă la particulele cu diametrul mai mic de 0,1μ;* ● *acțiunea sarcinii electrostatice a particulelor solide (de praf) și a globulelor de lichid de asemenea nu poate fi neglijată;* ● *în anumite condiții efectele condensației concură la îmbunătățirea eficacității acestor aparate.*

Mai trebuie atrasă atenția asupra condițiilor de exploatare, deoarece ele lucrează în afara clădirilor și trebuie asigurată o funcționare continuă a acestora.

Factorii care influențează asupra funcționării lor, mai ales în timpul iernii, sînt: ● *gerul.* Este necesar ca în punctele sensibile aceste aparate să fie prevăzute cu dispozitive de încălzire; este de asemenea necesară încălzirea apei și reîncălzirea apei de recirculație; ● *coroziunea.* Dacă fluidele care trebuie epurate nu prezintă aciditate, se vor lua măsuri numai contra ruginirii; în cazul în care fluidul de epurat este acid, trebuie luate și măsurile respective; ● *evacuarea noroaielor* necesită o atenție cu totul deosebită.

Pentru rezolvarea în bune condiții a operației de evacuare a noroaielor trebuie luate următoatele măsuri: ● *în cazul în care concentrația de impurități ce trebuie epurate este mică și cantitatea colectată nu necesită decît o purjare periodică, aparatele pot fi prevăzute cu rezervoare cu fund plat;* ● *în cazul în care concentrația de impurități este medie și acestea (praful) sînt fine, se pot utiliza rezervoare de decantare. În acest caz fundul rezervoarelor va fi conic prevăzut la partea inferioară fie cu o vană de evacuare intermitentă, fie cu un obturator automat de control al debitului, care să permită o evacuare permanentă sau semipermanentă (după caz), sau chiar o scurgere continuă dacă apa este utilizată în circuit închis în aparatul însuși;* ● *în cazul în care concentrația de impurități (praf) este mare, aparatul trebuie să fie prevăzut cu un dispozitiv de evacuare continuă de tip melc sau racleți. Numărul racleților și viteza de acționare a melcului vor fi determinate în funcție de cantitatea de noroi de evacuat, de natura acestuia și de gradul de umiditate dorit.*

Aparatele care folosesc principiul umed se împart în trei grupe mari: *aparate statice, aparate dinamice și aparate cu spumă.*

6.1) *Aparate statice.* Aparatele din această grupă se mai numesc și spălătoare de gaze și constau din scrubere, turnuri și coloane cu umplutură prin care lichilul se scurge în contracurent cu fluidul de epurat. Forma, concepția și construcția lor, deși sînt

foarte variate, principiul de funcționare este în general același și de aceea **în perioada probelor de recepție** la acest fel de aparate, în afară de cele arătate în capitolele anterioare, **se va verifica în mod special :**

a) Dacă *rezistența hidraulică* este cea preconizată în proiect respectîndu-se pierderile de presiune prevăzute. În acest scop se poate utiliza relația :

$$\Delta p = \lambda \frac{H}{d_{ech}} \cdot \frac{\gamma v^2}{2g} [kgf/m^2] ; \qquad \text{(II.29)}$$

λ = coeficientul de frecare ;
H = înălțimea umpluturii [m] ;
d_{ech} = diametrul echivalent al umpluturii [m] ;
γ = greutatea specifică a fluidului [kgf/m³] ;
v = viteza medie a fluidului [m/s] ;

$$v = v_f / f_l ;$$

v_f = viteza fictivă a fluidului, adică viteza lui raportată la întreaga secțiune a aparatului [m/s] ;
f_l = secțiunea liberă a umpluturii, exprimată prin fracțiunea din secțiunea totală a aparatului cu umplutură [m²/m²]. Aceasta este numeric egală cu volumul liber al umpluturii V_{lib} , care reprezintă volumul spațiului gol [m³] dintre elementele de umplutură la 1 m³ de volum plin ocupat de umplutură.

b) Pentru *coeficientul de rezistență a umpluturii stropite* preconizat, verificarea se poate face astfel :

$$\lambda_{str} = \lambda \, m ; \qquad \text{(II.31)}$$

m arată de cîte ori este mai mare rezistența umpluturii stropite față de rezistența umpluturii uscate.

După date practice m are următoarele valori :

b₁) *Pentru inele cu diametrul mai mic de 30 mm și chiar cu diametru mai mare, în cazul $A < 0,3$:*

$$m = \frac{1}{(1 - A)^3} . \qquad \text{(II.32)}$$

b₂) *Pentru inele cu diametrul peste 30 mm, în cazul $A > 0,3$:*

$$m = \frac{1}{(1,13 - 1,43\,A)^3} . \qquad \text{(II.33)}$$

Scanned with OKEN Scanner

b_3) *Pentru inele metalice :*

$$m = \frac{1}{(1 - 1{,}39\ A)^3}. \qquad \text{(II.34)}$$

Coeficientul de stropire adimensional A **se calculează astfel :**

$$A = \sqrt[3]{\frac{b}{2g}\left(\frac{w}{\gamma_x}\right)^2 \frac{\sigma}{V^3_{lib}}}; \qquad \text{(II.35)}$$

b = coeficientul de frecare a lichidului de umplutură :

$$b = \frac{1{,}75}{Re_x^{0{,}3}}; \qquad \text{(II.36)}$$

w = viteza gravimetrică a lichidului [kgf/m²s] ;
γ_x = greutatea specifică a lichidului [kgf/m³] ;
σ = perimetrul corpurilor de umplere pe 1 m² de secțiune transversală pe coloană.

c) *Pentru densitatea de stropire* în cazul verificării se poate folosi relația :

$$U = w/\sigma. \qquad \text{(II.37)}$$

d) *Pentru o stropire uniformă trebuie să se respecte următoarea relație :*

$$D_c/d_u \geqslant 8\ ; \qquad \text{(II.38)}$$

D_c = diametrul coloanei ; d_u = diametrul umpluturii.

În continuare se vor face următoarele verificări : ● *dacă suprafața umpluturii pe unitatea de volum [m²/m³] este cea prevăzută în proiect ;* ● *dacă contactul între lichid și gazele (aerul) de epurat se realizează conform prevederilor ;* ● *dacă lichidul nu se scurge printre spațiul dintre umplutură și pereții aparatului ;* ● *dacă materialul de umplutură rezistă la acțiunea chimică a lichidului și a gazului care se găsesc în coloană ;* ● *dacă greutatea specifică a umpluturii este cea prescrisă ;* ● *dacă umplutura are rezistență mecanică suficientă pentru a nu crea presiuni laterale importante ;* ● *dacă nu apar fenomene sau simptome de înfundare a aparatului ;* ● *dacă aparatele de măsură și control funcționează normal și dau înregistrările la gradul de precizie solicitat de procesul de epurare.*

6.2) *Aparate dinamice.* După cum le arată însăși denumirea, aceste aparate se bazează pe mișcarea continuă a unor piese sau

Scanned with OKEN Scanner

grupuri de piese din componența lor. Ele se pretează la un mare număr de combinații și de lichide. Datorită modului de funcționare ele se numesc adesea și dezintegratoare și poartă de obicei denumirea firmelor executante. Din considerente comerciale aceste firme păstrează secretul de fabricație și de aceea în literatură nu se găsesc metode de calcul după care să se poată face verificări. Din această cauză, în perioada probelor de recepție verificările se vor face după cartea tehnică, instrucțiunile de funcționare, criteriile după care au fost alese aceste aparate și rezultatele practice obținute în alte instalații similare.

Atenția verificărilor va fi deci dirijată asupra următoarelor: ● *dacă a fost montat aparatul prevăzut în proiect;* ● *dacă nu depășește consumul de apă și curent electric prevăzute în cartea tehnică și instrucțiunile de funcționare;* ● *dacă debitul și randamentul care le realizează sînt cele preconizate și corespund documentelor de mai înainte;* ● *dacă la mărirea de sarcină rezistă, nu se înfundă și nu au o creștere exagerată a consumurilor specifice apă și energie;* ● *dacă funcționarea este continuă, constantă și aparatele nu prezintă comportări anormale (zgomot exagerat, încălziri în lagăre, carcasă etc.);* ● *dacă sînt suficient de etanșe și nu au pierderi de lichid.*

Pentru orientarea celor care urmăresc probele de recepție se arată cîteva date obținute în practică cu acest fel de aparate: ● *debitul maxim* pînă la 60—100 000 m^3/h de fluid (gaz, aer) de epurat; ● *consumul de energie* între 5—6 kW pentru 1 000 m^3 de fluid epurat; ● *consumul de apă* (funcție de tipul aparatului) variază de la 0,07...0,15 l/m^3 la 0,5...1,5 m^3 la 1 000 m^3 de fluid epurat; ● *randamentul* este cuprins între 95 și 98%.

6.3.) *Aparate cu spumă.* Acestea se fabrică de asemenea într-o gamă variată, pornind de la un singur strat de spumă dar, în funcție de componența impurităților din fluidul de epurat, straturile de spumă pot fi multiple.

Construcția nu este prea complicată, iar **în practică aparatele cu spumă au dat următoarele rezultate:** ● *randamentul* (la particule mai mari de 5 μ) 99%; ● *spuma mobilă* există la viteze de 0,7—3,5 m/s a fluidului de epurat (viteza optimă este de 1,3—3,0 m/s); ● secțiunea utilă a aparatului se poate verifica astfel:

$$f_u = \frac{V_g}{3600\ v} [m^2]; \qquad \text{(II.39)}$$

V_g = debitul aparatului [m^3/h]; v = viteza fluidului în aparat [m/s]; ● grosimea tablelor folosite drept grătare variază

între 4 și 6 mm ; ● secțiunea liberă (găurilor) totală a grătarului variază de la 8 la 30% din secțiunea aparatului ; ● diametrul orificiilor de la grătare (funcție de condițiile aparatului) variază de la 2 la 8 mm ; ● distanța dintre ele se poate verifica astfel :

$$m = \sqrt{\frac{0{,}91\, d_o^2}{S}} \; ; \qquad \text{(II.40)}$$

d_0 este diametrul orificiilor [mm] ; $s = \frac{f_{grat}}{z/a}$ este secțiunea liberă a grătarului exprimată în fracțiuni din suprafața totală a părții perforate a grătarului ($z = 0{,}95$ este raportul dintre suprafața părții perforate și secțiunea liberă a aparatului) ; ● suprafața totală a secțiunii libere a grătarului se verifică astfel :

$$f_{grat} = \frac{f_a\, v\, T_{grat}}{v_o\, T_g}\ [m^2]; \qquad \text{(II.41)}$$

T_g = temperatura fluidului care intră în aparat [°K] ; T_{grat} = temperatura fluidului sub grătar, [K°] ; v_0 = viteza fluidului la trecerea prin orificii [m/s], (se recomandă ca v_0 să fie cuprins între 7 și 13 m/s).

Consumul de apă este cuprins între 0,2 și 0,3 l/m³ de fluid epurat. Acesta este funcție de greutatea impurităților (prafului) captat și de concentrația acestuia. Apa care trece prin aparat trebuie să antreneze de la 60 pînă la 80% din cantitatea de impurități din fluidul de epurat.

În aceste condiții, **cantitatea de apă care curge prin orificiile grătarului trebuie să corespundă relației :**

$$W_{grat} = \frac{kG}{c}\ [kgf/h]; \qquad \text{(II.42)}$$

k = coeficientul de repartiție al impurităților (prafului) în curenți, exprimat prin raportul dintre cantitatea de impurități (praf) antrenată, care trece prin orificiile grătarului și cantitatea totală de impurități din fluidul de epurat (practic $k = 0{,}6...0{,}8$) ;

c = concentrația impurităților din fluid, în kg de fază solidă la 1 kg de fază lichidă ($c = \frac{1}{5} ... \frac{1}{10}$) ;

G = cantitatea totală de impurități captate de aparat [kg/h].

Cantitatea de apă care se scurge prin preaplin W_p practic trebuie să fie egală cu cantitatea de apă care trece prin orificiile grătarului.

Scanned with OKEN Scanner

În acest caz **consumul total de apă** se verifică cu relația $W = 2W_p$. (II.43)

Cantitatea totală de impurități (praf) captată de aparat este :

$$G = V_g(x_{in} - x_{fin}) \ [kg/h]; \qquad \text{(II.44)}$$

x_{in} = conținutul de impurități (praf) în fluid la intrarea în aparat [kg/m³] ;

x_{fin} = conținutul de impurități (praf) în fluid la ieșirea din aparat (după purificare), [kg/m³].

Rezistența hidraulică a grătarelor uscate este :

$$\Delta P_1 = 1{,}45 \frac{\gamma_g v^2}{2g} [mm\ H_2O]. \qquad \text{(II.45)}$$

Rezistența hidraulică a stratului de spumă este :

$$\Delta P_2 = 325H - 23v + 43{,}5 \ [mm\ H_2O]; \qquad \text{(II.46)}$$

H este înălțimea stratului de spumă (aceasta trebuie să fie de 60—100 mm).

În afară de aceste verificări se va mai urmări: ● *dacă stratul de spumă își păstrează constant grosimea ;* ● *dacă dispozitivul de evacuare a nămolului funcționează normal și nu creează condiții de înfundare a aparatului ;* ● *dacă toate caracteristicile arătate mai înainte se păstrează în perioada probelor între limitele rezultate din verificările făcute.*

7) Aparate care necesită un tratament prealabil al agentului nociv înainte de epurare. Caracteristica acestor aparate constă în faptul că, pentru a putea capta particule solide sau lichide de dimensiuni mici, ele creează o aglomerație a acestora, în scopul de a le mări dimensiunile, adică de a crea un aerosol secundar (microceață), amestecat cu aerosolul secundar (gaze sau aer încărcat cu praf foarte fin), permițînd prin aceasta captarea aerosolului secundar în aparate de tip obișnuit. Practic deci nu este vorba de un singur aparat, ci de o combinație de aparate legate între ele care nu sînt altceva decît niște mici instalații. Datorită acestor factori, verificarea acestor aparate în perioada probelor de recepție este ceva mai pretențioasă și mai complexă.

Scanned with OKEN Scanner

Sistemele cele mai des întîlnite în practică care utilizează acest procedeu sînt cele descrise în continuare la punctele 7.1. și 7.2).

7.1) Aglomerarea aerosolilor prin sistemul cu tub Venturi. În acest sistem efectul de colectare se obține din cauza ciocnirilor, a difuziunii, a bombardamentului molecular, a descărcărilor sarcinilor electrostatice, a condensărilor și a altor fenomene.

Întrucît în cursul probelor de recepție se urmărește modul de funcționare al instalației în funcțiune, se vor verifica următoarele: ● *dacă consumurile specifice de apă și energie electrică se încadrează în prevederile din proiect, cartea tehnică a instalației și instrucțiunile de funcționare;* ● *dacă viteza în gîtul tubului Venturi este bine reglată în funcție de specificul și concentrația fluidului de epurat (aceasta variază în practică între 60 și 120 m/s);* ● *dacă raportul dintre unghiul de convergență și cel pentru divergență al tubului Venturi este cel mai bine ales (din datele*

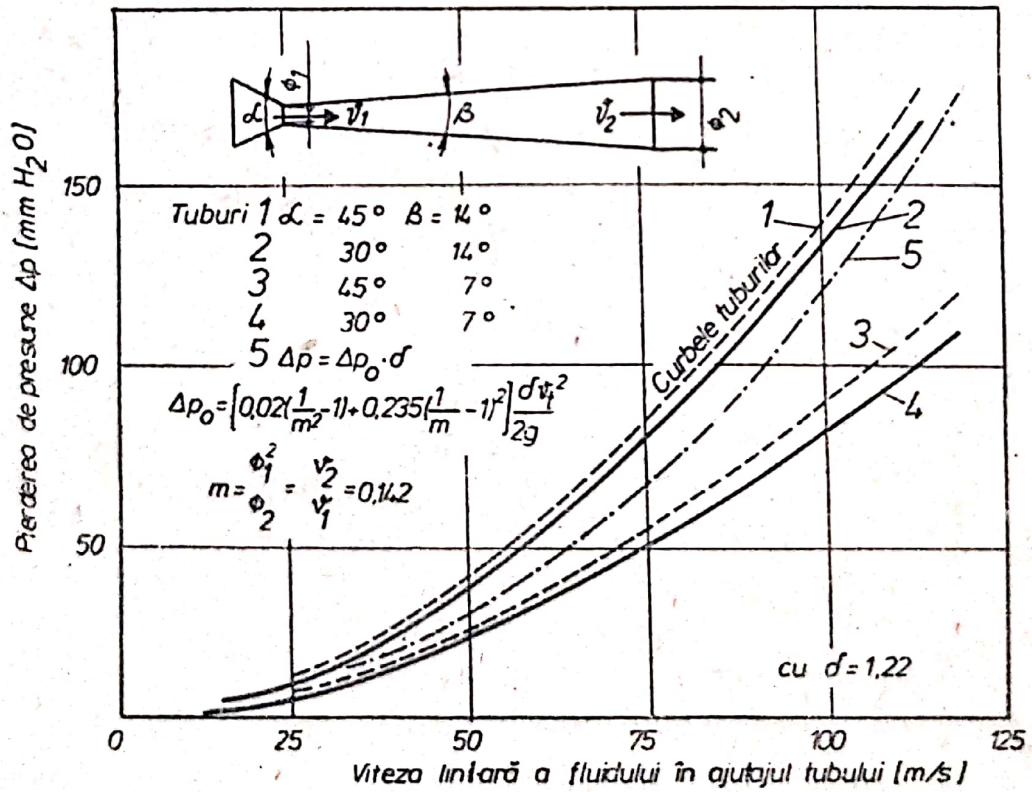


Fig. II.8: Curbele pierderilor de presiune la diferite tuburi Venturi în condiții de întrebuințare. Curba 5 este cea teoretică care corespunde la curba experimentală 2 : α (= 30°; β = 14°).

practice a rezultat că unghiul de convergență care creează cea mai mică pierdere de presiune este de 30°, iar pentru divergență 7°); ● dacă pierderile de presiune se încadrează în cele preconizate. Aceste pierderi sînt funcție de raportul v_1 / v_2, adică dintre viteza de intrare a fluidului v_1 și viteza în gît la ieșirea din tub v_2, ambele măsurate în m/s.

Verificarea pierderilor de presiune în astfel de aparate se face astfel :

$$\Delta p = \left[0{,}02 \left(\frac{1}{m^2} - 1\right) + K \left(\frac{1}{m} - 1\right)^2 \right] \frac{\delta v^2}{2g}; \qquad \text{(II.47)}$$

K = o constantă determinată în fiecare caz de unghiul β, deschiderea divergenței (practic a fost stabilit $K = 0{,}235$ la $\beta = 14°$);

m = coeficientul de deschidere egal cu $(d/D)^2$, unde d este diametrul gîtului, iar D diametrul de intrare a convergentului ;

v = viteza de intrare a fluidului în convergent [m/s].

În fig. II.8 sînt reprezentate cîteva curbe pe baza relației (II.47) cu care se pot verifica diferite situații ale tubului Venturi.

Randamentul unei astfel de instalații reprezintă rezultatul dat de raportul :

$$\eta = \frac{\textit{Cantitatea de produs de epurat, reținută de aparat}}{\textit{Cantitatea totală tratată de aparat (într-un interval de timp determinat)}}.$$

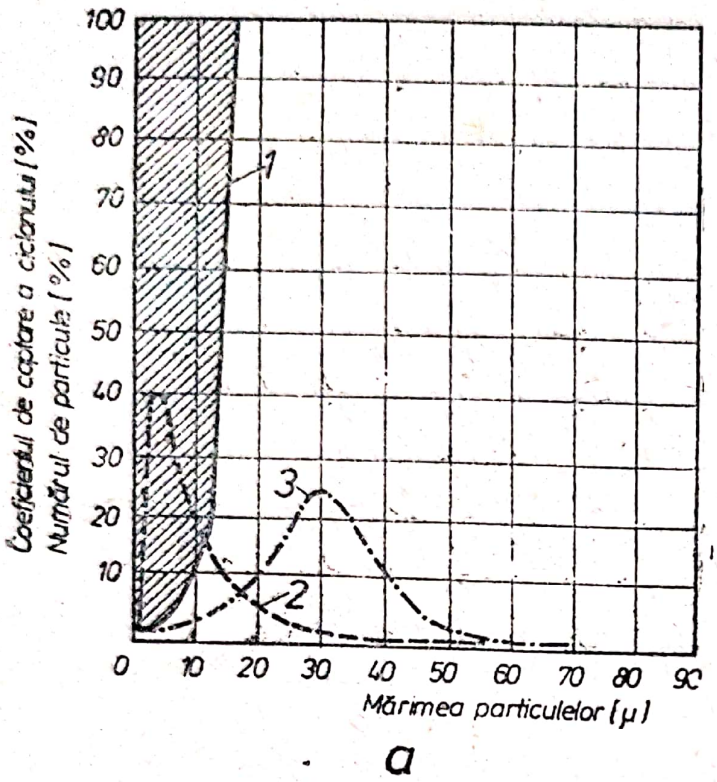
În fig. II.9 sînt date cîteva curbe ale unor aparate de epurare comparativ cu cele cu tub Venturi, iar în fig. II.10 se arată o diagramă pentru verificarea eficacității unor astfel de aparate.

Figura II.11 dă posibilitatea de a se verifica corelația dintre pierderea de presiune și viteza fluxului de gaze (aer) în duza elementului, mărimea distanței dintre suprafața lichidului de spălare și marginea confuzorului, intensitatea refluxării m și capacitatea de producție a aparatului la gaze purificate.

În fig. II.12 sînt date două tipuri de elemente Venturi verificate în practică.

Pentru orientarea celor care vor fi puși în situația să verifice astfel de aparate în funcțiune, în probele de recepție și în exploatare, se dă în tabelul II.2 rezultatele obținute și locurile

Scanned with OKEN Scanner



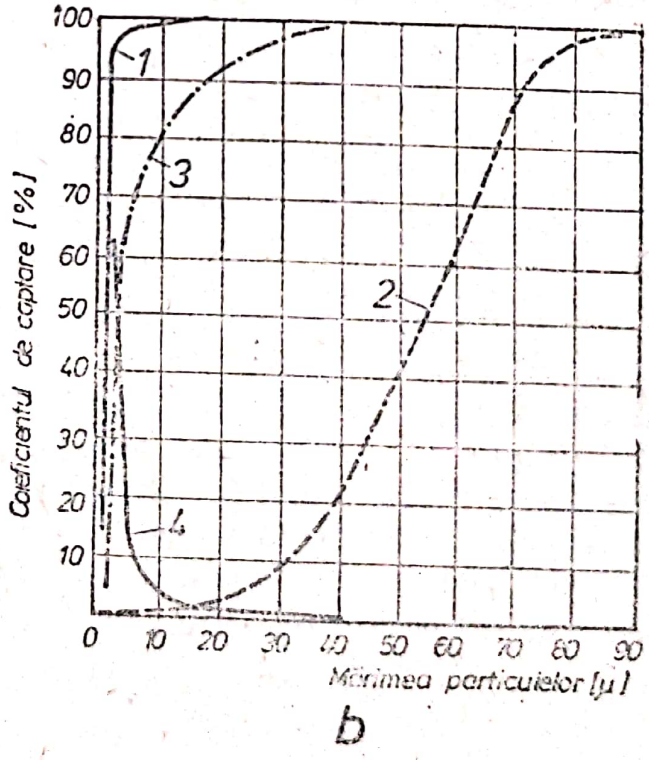


Fig. II.9. *a* — Randamentul de captare a unui aparat cu tub Venturi; *b* — Curba randamentului unui aparat cu tub Venturi; *1* — aparat cu ciclon; *2* — ciclon singur; *3* — aparat cu pelicută de apă; *4* — curba frecvenței particulelor fine.

Scanned with OKEN Scanner

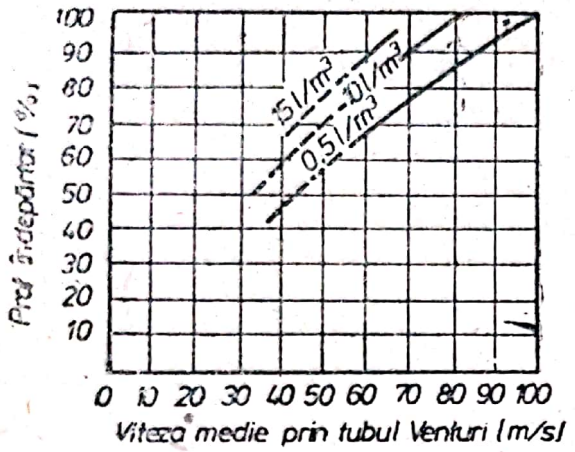


Fig. II. 10. Eficacitatea separatorului cu tub Venturi.

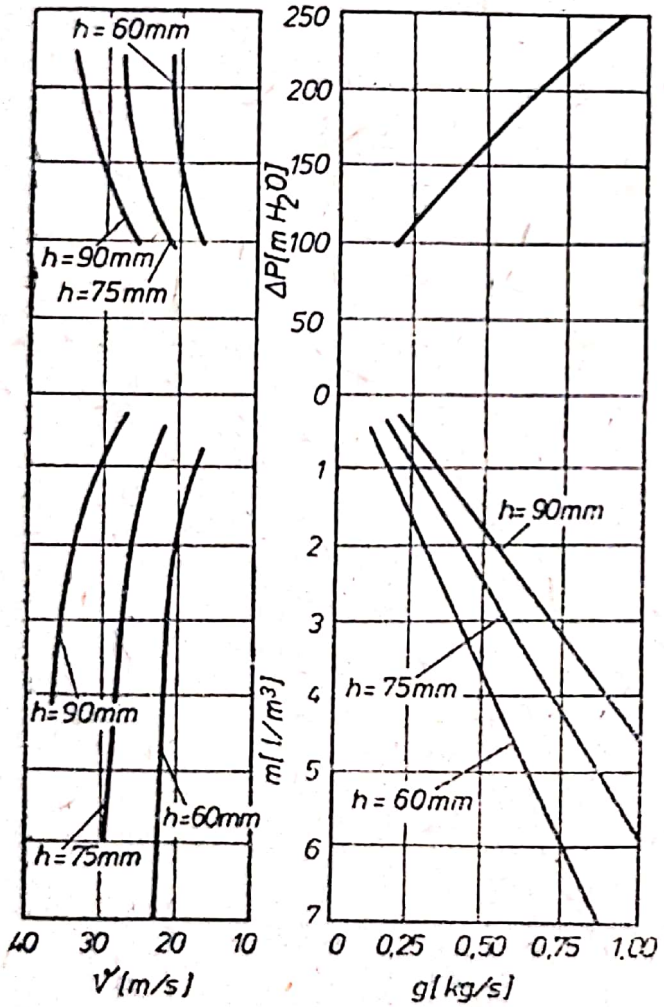
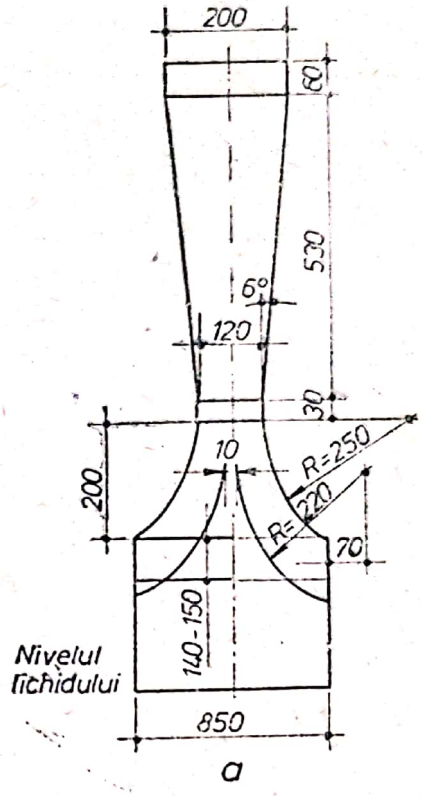


Fig. II.11. Corelaţia dintre pierderea de presiune Δ p şi viteza fluidului de gaze în duza elementului, mărimea distanţei între suprafaţa lichidului de spălare şi marginea confuzorului b, intensitatea refulării *n* şi capacitatea de producţie a aparatului la gaze epurate *g*.



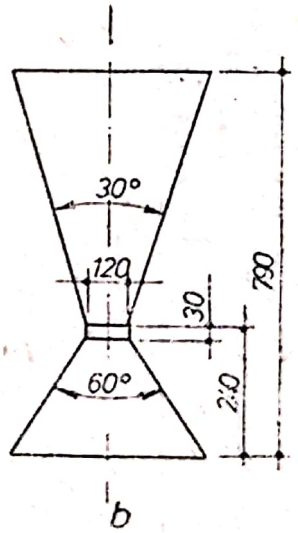


Fig. II.12.

a — Forma şi dimensiunile principale ale unui element Venturi cu duză modernizată.
b — Forma şi dimensiunile priincipale ale unui element cu duză instalat central în un scruber experimental pentru purificarea de sulf a gazelor.

C-da 5728 coala 6

Tabelul II.2. **Diferite rezultate obţinute cu aparate cu tub Venturi în diferite situaţii**

Felul aparatului	Cantitatea de fluid epurat [m³/h]	Conţinutul de impurităţi la intrare în aparat	Conţinutul de impurităţi la ieşire din aparat	Consumul de apă	Pierderea de presiune [mmH₂O]	Gradul de epurare [%]	Locul utilizării şi caracteristicile impurităţilor
Aparat cu tub Venturi de impact cu ciclon final umed inzestrat la ieşire cu un cartuş filtrant spălat continuu şi un grup motoventilator.	700 la 20°C	200 mg/m³	0,4 mg/m³	100 l/h	170	99,8	Fabrică de porţelan Praf de cuarţ
Aparat cu tub Venturi de impact cufundat într-un barbotor	600—700	15 g/m³	0,03 g/m³	2—128 g/m³ de fluid tratat (aer)	340	—	Uzină de gaz. Concentraţie de gudron
Aparat cu tub Venturi demiimpact şi două cicloane legate în paralel spălate la interior	5 200 la 350°C	129 g/m³	Urme	19,2 g/m³ de fluid tratat	210	Total	Instalaţie de electroliză a aluminiului Particule de gudron, funingine, oxizi şi produse de fluor
Aparat cu tub Venturi de impact cu ciclon spălat în interior	4 000	80 mg/m³	0,6 mg/m³	—	200	99,2	Instalaţie de topire a prafurilor organice Fumuri de condensaţie cu compuşi aromatici de salpetru
Aparat cu tub Venturi de impact şi două cicloane finisoare umede legate în paralel	7 000	20 g/m³	0,09 g/m³	28,5 g/m³	270	99,5	Fabrică de zahăr Praf de zahăr

Scanned with OKEN Scanner

Aparat cu tub Venturi de difuzie, turn de difuzie cu spălare și recirculație	2 000 la 20°C	188 mg/m³ NO_3H	5 mg/m³	100 l/h	300	95,0	Uzină electronică Fum și aerosoli de acizi
Aparat cu tub Venturi de impact și un ciclon finisor cu pereți umezi	6 000	4 g/m³	Urme	17 g/m³	200	Total	Uzină din industria materialelor izolatoare Praf micronic de tipul azbest
Aparat cu tub Venturi de impact și ciclon rezervor de sedimentare la bază	4 000	1 g/m³	Urme	20 g/m³	300	Total	Uzină din industria de sinteză organică Recuperare de aerosoli de anhidridă ftalică

Scanned with OKEN Scanner

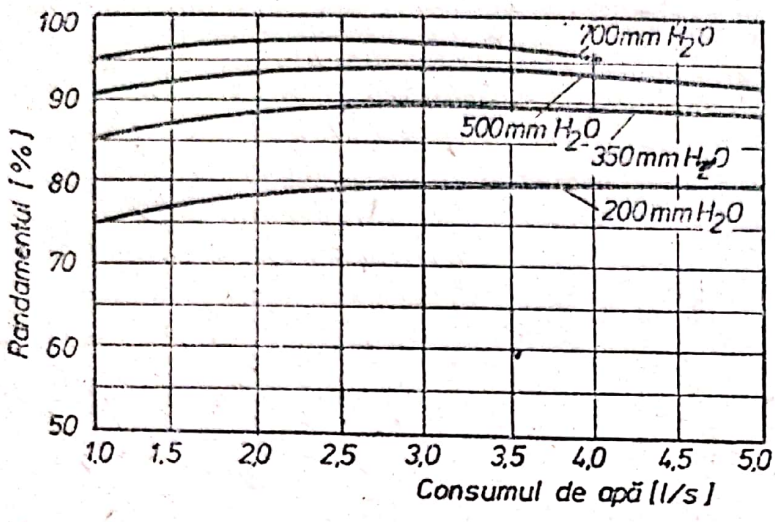


Fig. 13. Dependența randamentului ale consumului specific de apă la diferite pierderi de presiune

unde au fost utilizate. În fig. II.13 este dată dependența randamentului de consumul specific de apă la diferite pierderi de presiune.

7.2) *Epurarea fluidelor prin dispozitive de aglomerare sonică.* Acest sistem de epurare fiind mai nou nu se poate considera pus la punct, de aceea se întîlnetșe mai rar în practică. Sînt însă situații cînd aglomerarea cu mijloace sonice este necesară unor epurări de impurități. Aparatele utilizate în acest proces sînt generatoarele de unde sonore numite sirene. Se cunosc două categorii mari de astfel de aparate și anume sirene statice și sirene dinamice. Deosebirea dintre ele constă în aceea că prima categorie nu are nici o piesă în mișcare. Construcția diferă mult de la un tip la altul, fiind în funcție de firma furnizoare (tabelul II.3).

În perioada probelor de recepție verificarea se va concentra asupra următoarelor: ● *dacă tipul este cel prevăzut în proiect și dacă datele din cartea tehnică și instrucțiunile de funcționare corespund cu cele prevăzute în acesta;* ● *dacă frecvența este bine reglată, deoarece în caz contrar, în loc de aglomerări se produc fulguiri, întrucît frecvența este strîns legată de mărimea particulelor care trebuie aglomerate;* ● *dacă intensitatea sonoră este de asemenea bine reglată, deoarece acesta este cel mai important din mecanismele de aglomerare [practica arată că aceasta trebuie să fie cuprinsă între 130 dB*$\left(\frac{10^{-3}W}{cm^2}\right)$*ca limită inferioară și 150 dB*$\left(\frac{0,1W}{cm^2}\right)$*ca limită superioară];* ● *dacă timpul de staționare este bine reglat (după datele din practică a rezultat că cel mai bun indice de aglomerare la epurarea curenților gazoși clasici apare la o expunere de 4 s);* ● *în ceea ce privește concentrația aerosolilor, practica industrială arată că este preferabil să existe un mediu de 1—2 g/m³. Dacă se lucrează cu aerosoli cu diametrul cuprins*

între 1 și 10μ, mediul cel mai favorabil apare la 5 g/m³. În cazul diametrelor submicronice (fumuri provenite din condensații) se poate coborî ușor limita; ● temperatura poate merge pînă la 800°C; ● o atenție deosebită se va da izolării acustice a turnurilor de tratament sonor, în care lucrează aceste aparate. Materialul utilizat la izolare trebuie să aibă o putere absorbantă corespunzătoare, pentru ca în imediata apropiere a unui astfel de epurator nivelul acustic să fie inferior lui 80 dB; ● consumul de energie electrică nu trebuie să depășească 5 kW/1 000 m³/h de fluid tratat. În mod normal consumul este cuprins între 0,9 și 3 kW/1 000 m³/h de gaz (fluid) tratat.

Tabelul II.3. **Rezultate obținute cu diferite epuratoare acustice**

Nr. probei	Concentrația la [g/m³]	Debitul de fluid [m³/h]	Caracteristicile emisiunilor acustice [kHz] (frcevențe)	Modul de epurare	Randamentul captărilor [%]
1	1	390	Fără ultrasunet	Uscat	84
2	1	320	7,5 + 10 + 26	Uscat	94
3	0,9	480	Fără ultrasunet	Uscat	11
4	0,8	530	10	Uscat	47
5	0,9	300	Rezonanță rău reglată 7,5 + 10 + 26	Uscat	42
6	0,9	300	Rezonanță bine reglată 7,5 + 10 + 26	Uscat	92
7	0,8	410	10,5	Umed	86
8	1,5	450	10,5	Uscat	26

*

* *

Toate verificările recomandate pentru perioada probelor de recepție trebuie executate în cursul funcționării continue a instalației la capacitatea normală prevăzută în proiect.

Se poate considera că instalația a îndeplinit probele de recepție, dacă pe o perioadă de cel puțin 72 h a funcționat continuu

Scanned with OKEN Scanner

și atît fiecare aparat component, cît și instalația pe ansamblu, a realizat toți parametrii prevăzuți în proiect. În cazul în care din motive specifice instalației în proiect sau în contractul de livrare, s-a prevăzut o durată mai mare de 72 h, se va respecta această durată.

În timpul probelor se vor consemna toate constatările făcute (corespunzătoare și necorespunzătoare), iar în final se va întocmi un *proces-verbal de constatare*.

În cazul în care s-au constatat nepotriviri față de proiect și sînt necesare remedieri (înlocuiri) la aparate sau instalație, în procesul-verbal de constatare se va fixa un termen precis, pînă cînd vor trebui făcute remedierile sau înlocuirile respective, urmînd a se repeta verificările în aceste puncte. Recomandăm insistent însă ca nici o instalație să nu fie considerată ca acceptată dacă nu a funcționat continuu și în condiții normale de exploatare cel puțin 72 h.

După terminarea acestor probe instalația intră deja în exploatare și posibilitatea trecerii în această fază trebuie confirmată prin următoarele documente scrise:

1) După funcționarea neîntreruptă a instalației timp de 72 de ore la parametrii proiectați, se întocmește un *proces-verbal de recepție provizorie*, adică darea instalației în exploatare. Perioada de funcționare provizorie a instalației pînă la preluarea definitivă va fi cea fixată în contractele de vînzare-cumpărare a aparatelor sau cea fixată în proiect. Dacă nu sînt condiții speciale, această perioadă este de obicei 1 an de la preluarea provizorie.

2) *Certificatul de funcționare* prin care se atestă că la probele de recepție, instalația de epurare respectivă a corespuns atît datelor din proiect, cît și scopului pentru care a fost concepută. Se va specifica de asemenea în mod clar că instalația poate fi dată în exploatare. Acest certificat trebuie să conțină o caracterizare scurtă a instalației și datele tehnice ale acesteia (anexa 1). La certificat se anexează schema instalației de epurare cu indicarea dispozitivelor de reglaj și a locurilor de așezare a aparatelor de măsură și control. Orice schimbare care se face în instalație după întocmirea certificatului, cum și rezultatele cercetărilor tehnice și igienice ulterioare, trebuie menționate în certificat. Certificatul este păstrat de persoana responsabilă pentru instalația de epurare.

3) *Instrucțiunile de exploatare*. În aceste instrucțiuni trebuie expuse pe scurt date în legătură cu destinația instalației și a utilajului ei, indicîndu-se în ce ordine și cum trebuie să lucreze

Scanned with OKEN Scanner

toate elementele componente; de asemenea se va arăta cum trebuie să acționeze organele ei de conducere.

Capitolele principale ale instrucțiunilor de exploatare trebuie să cuprindă următoarele: ● *data punerii în funcțiune a instalației;* ● *elementele care trebuie supravegheate în mod special în timpul funcționării instalației de epurare;* ● *datele scoaterii din funcțiune a instalației (oprirea);* ● *termenele pentru reparația curentă și preventivă.*

4) Un jurnal de exploatare (anexa 2).

Odată cu terminarea probelor de recepție se încheie și obligațiile contractuale ale furnizorului (furnizorilor) cu excepția efectuării înlocuirii pieselor defecte în perioada de garanție.

Toate aceste documente formează dosarul instalației care se va completa ulterior cu toate evenimentele apărute în perioada de garanție.

În decursul acestei perioade este interzis beneficiarului care exploatează instalația să facă modificări fără avizul proiectantului și furnizorilor de utilaje. Orice modificare făcută de beneficiar scutește pe cei doi de răspunderile care le revin în contractele de livrare.

Dacă în perioada de garanție nu au apărut defecțiuni, întreruperi și dereglări din cauza furnizorilor de utilaje sau a proiectării sau dacă aceștia au făcut remedierile cerute, instalația funcționînd la parametrii proiectați și dînd randamentele scontate, se procedează la întocmirea *procesului-verbal de recepție definitivă,* după care instalația trece definitiv în proprietatea beneficiarului, obligațiile proiectantului și furnizorilor de utilaje fiind stinse prin semnarea acestui document.

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA A DOUA

EXPLOATAREA INSTALAȚIILOR ȘI APARATELOR PRIVIND PROTEJAREA AERULUI ATMOSFERIC

CAPITOLUL III
RECOMANDĂRI DE EXPLOATARE

O instalație de epurare a aerului atmosferic proiectată, montată și recepționată în mod corespunzător va da rezultate bune numai în cazul unei exploatări și al unei deserviri raționale.

Exploatarea curentă a acestor instalații cuprinde în general următoarele activități:

1) Menținerea parametrilor la toate aparatele care compun instalația respectivă. În această activitate se cuprinde urmărirea funcționării instalațiilor și aparatelor sub comanda reglajului automat sau conducerea manuală a comenzilor instalației. În ambele cazuri punctul principal de lucru îl formează locul de supraveghere (camera de comandă, tablourile de comandă de la fiecare aparat sau instalație cu controalele locale periodice pe trasee fixate, urmărirea temperaturilor, presiunilor, vibrațiilor, și zgomotelor anormale).

2) Efectuarea manevrelor legate de pornirea sau oprirea instalațiilor. Pentru fiecare operație de pornire și oprire exploatarea trebuie să respecte următoarele *condiții necesare pentru a elimina eventualele avarii din perioadele tranzitorii care însoțesc aceste operații:* ❶ respectarea întocmai a succesiunii operațiilor programate la pornire și la oprire. Pasul următor al desfășurării procesului de epurare se efectuează numai după verificarea îndeplinirii corecte a pasului anterior; ❷ respectarea duratei fiecărui pas, ceea ce înseamnă respectarea duratei de încălzire și răcire a agregatelor și a regimurilor de temperatură admise; ❸ respectarea vitezelor de încărcare și descărcare a instalației și

Scanned with OKEN Scanner

aparatelor componente. Numărul cel mai mare de avarii și perturbații apare, de obicei, la pornirea și oprirea instalațiilor, deci supravegherea acestor operații și verificarea executării lor trebuie efectuată de conducerea personalului de exploatare.

3) Intervenția directă în caz de perturbații sau avarie a instalației. În aceste situații intervenția personalului operativ are scop să înlăture perturbația cu consecințe minime asupra avariei produse sau în caz de pericol să oprească instalația în condiții de siguranță maximă.

Comenzile în aceste situații se dau atît din camerele de comandă, cît și, la nevoie, de la aparatele de comandă de la fața locului. La instalațiile complicate numărul de operații și de decizii necesare în astfel de cazuri poate depăși capacitatea de cuprindere și de reacție a organismului uman. Protecția și automatizarea preiau atunci cea mai mare parte a operațiilor, omului revenindu-i însă rolul de decizie asupra manevrelor principale și verificarea realizării comenzilor date.

Statistic, la instalațiile de epurare, 20—40% din totalul avariilor se datoresc unor greșeli ale personalului de exploatare. Din această cauză calificarea personalului de exploatare și cunoașterea deplină a instalațiilor sînt condiții de bază pentru siguranța lor.

Pentru însușirea particularităților instalației pe care o conduce și pentru menținerea antrenamentului legat de intervențiile la perturbații și avarii se procedează la: ● *instructajul sistematic al personalului de exploatare;* ● *exerciții prin simulare privind intervențiile în caz de avarie;* ● *verificarea periodică a cunoștințelor personalului de exploatare.*

Numai o funcționare continuă și în condiții normale a unei instalații de protejare a aerului atmosferic dintr-o întreprindere poate asigura o desfășurare normală a procesului de producție respectiv în condiții de protecție și securitate a muncii, iar pentru însușirea particularităților instalației este necesară, în primul rînd, cunoașterea în detaliu a acestora. Deoarece în cele mai multe cazuri instalațiile de protejare a aerului atmosferic și a mediului înconjurător sînt unicate și că aportul pe care trebuie să-l aducă diferă de la o întreprindere productivă la alta, ele trebuie studiate de la caz la caz. Cunoașterea lor în amănunțime numai după prospecte și instrucțiuni de funcționare nu este suficientă, mai ales pentru oameni care lucrează pentru prima dată cu astfel de instalații.

Pentru a se înlătura în mare măsură aceste greutăți se fac următoarele **recomandări:**

Scanned with OKEN Scanner

1) Personalul care va lucra cu aceste instalații să fie selecționat de către beneficiarul instalațiilor respective anticipat și trimis în uzinele furnizoare să asiste la fabricarea aparatelor componente, la montarea lor în uzină și la probele de uzină. Acest personal trebuie să lucreze efectiv la montarea instalațiilor la locul de funcționare,, alături de specialiștii furnizorului, pentru că numai așa se va reuși cunoașterea în amănunt a fiecărei părți din instalație. Dacă din motivele secretului comercial firmele furnizoare nu acceptă ca acest personal să asiste sau să lucreze efectiv la executarea aparatelor în uzinele respective, să se obțină cel puțin executarea de instructaje pe aparate similare în funcțiune, livrate de același furnizor la diferiți beneficiari. În orice caz, lucrul efectiv la montajul instalațiilor la locul de funcționare este obligatoriu.

2) Pentru exploatarea instalațiilor respective trebuie să fie numit un organ bine definit care, de asemenea, să cunoască instalația și care să răspundă de personalul respectiv și să controleze permanent modul cum acest personal își face datoria prin metodele arătate mai înainte.

În general, pentru exploatarea celorlalte instalații, în fiecare țară există normative speciale care reglementează modul de exploatare și de funcționare. La instalațiile de protejare a aerului atmosferic și a mediului înconjurător nu există deocamdată astfel de norme generale și nici nu ar fi așa de ușor de întocmit aceste norme, cazurile fiind foarte diferite. În linii generale însă, unele prevederi din normativele prevăzute pentru funcționarea altor instalații pot fi acceptate ca valabile și pentru instalațiile de protejare a aerului atmosferic.

În continuare se vor arăta cîteva din aceste norme:

1) Teritoriul pe care se află montate aceste instalații trebuie să fie asigurat în ceea ce privește îndepărtarea apelor pluviale de la clădiri la canalele de scurgere.

2) Căile ferate, drumurile de circulație și drumurile pentru cazuri de incendiu din incinta întreprinderii trebuie să corespundă normelor, să fie bine întreținute și să permită accesul la instalația de epurare.

3) Să se întocmească de către organul care răspunde de această instalație instrucțiuni de funcționare și exploatare precise și clare și să fie afișate la locuri vizibile.

Organul care răspunde de instalațiile de protejare a aerului atmosferic trebuie să posede: ● *fișele de fabricație ale fiecărui echipament;* ● *instrucțiunile uzinei pentru deservirea și pentru*

repararea echipamentelor respective și instrucțiunile de deservire pentru fiecare loc de lucru ; ● schemele operative pentru fiecare sector tehnologic ; ● desenele pentru fiecare agregat și pentru fiecare construcție în care se află aparate ce fac parte din instalație, albumele de desene pentru piesele de schimb, planurile de execuție ale instalațiilor, ale canalelor și conductelor îngropate care deservesc instalația de protejare a aerului ; ● caracteristicile agregatelor date de uzinele furnizoare precum și procesele-verbale asupra încercării materialelor din care au fost confecționate elementele instalației și asupra altor probe făcute de furnizori la locul de fabricație

Documentul principal al instalației, care trebuie să se păstreze în tot timpul existenței acesteia este **Jurnalul instalației** care **trebuie să conțină în special :** ● *datele (anul, luna, ziua) construcției și intrării în exploatare a instalației ; ● uzina furnizoare ; ● desenele instalației în scara 1/20—1/50.*

La luarea în primire a serviciului, personalul de exploatare este obligat la următoarele : ● *să ia cunoștință de starea, schema și de regimul de funcționare a întregului echipament din sectorul său prin examinare directă ; ● să fie informat asupra echipamentului care necesită observații speciale, pentru a preveni avariile și deranjamentele eventuale ; ● să fie informat asupra echipamentului care se găsește în reparație sau în rezervă ; ● să verifice și să ia în primire sculele, materialele, cheile de la încăperi, jurnalele și rapoartele ; ● să citească toate însemnările și dispozițiile date de schimbul său precedent pînă în momentul cît și-a reluat serviciul ; ● să comunice organului de serviciu superior asupra luării în primire a schimbului și asupra tuturor deficiențelor observate la luarea în primire a schimbului ; ● să consemneze luarea în primire a schimbului în jurnal sau în raport sub semnătură.*

Nu se va lua sau preda serviciul în timpul remedierii avariilor sau în timpul cînd se execută operații și comutări importante.

Primirea schimbului în cazul în care un utilaj sau instalația nu este în bună stare, este permisă numai cu aprobarea organelor superioare.

În timpul schimbului său, fiecare lucrător este răspunzător pentru deservirea corectă și pentru funcționarea fără avarii a întregului echipament din sectorul său. El este obligat să urmărească cel mai economic și mai sigur regim de lucru, potrivit instrucțiunilor, graficului de regim și condițiilor operative ale organelor superioare. Dacă în timpul schimbului apar deteriorări, defecte sau avarii la echipamentul respectiv, lucrătorul trebuie

Scanned with OKEN Scanner

să anunţe imediat superiorul lui, iar pînă la sosirea acestuia să ia singur măsurile pentru lichidarea deranjamentelor.

Lichidarea deranjamentelor se face sub controlul organului superior (şef de echipă, maistru, inginer etc.) conform instrucţiunilor special primite pentru prevenirea şi lichidarea avariilor. Pentru fiecare organ superior trecerea în revistă şi examinarea întregului echipament sînt obligatorii. În timpul controlului el trebuie să verifice dacă regimul de lucru este corect şi conform instrucţiunilor date, dacă echipamentul se află în stare bună, dacă instalaţia, locul de muncă şi încăperea sînt curate.

Indicii de funcţionare ai instalaţiei vor fi înregistraţi la timp în evidenţele şi jurnalul corespunzător.

Organul de control superior este obligat să respecte cu strictețe și să ceară de la ceilalţi respectarea tuturor regulilor şi a instrucţiunilor prevăzute pentru fiecare în parte. Indiferent dacă instalaţia este sau nu în stare de funcţiune, părăsirea locului de muncă se permite numai în cazuri excepţionale, fiind absolut obligatorie lăsarea altei persoane în loc şi aprobarea şefului de schimb.

La instalaţiile în stare de funcţionare nu vor fi admise alte persoane fără să posede permis special pentru aceasta.

Toţi lucrătorii care deservesc instalaţia trebuie să cunoască şi să respecte riguros regulile de tehnică a securităţii muncii. Orice abatere de la aceste reguli sînt interzise.

Înainte de a i se încredinţa un post de deservire a instalaţiei, fiecare lucrător trebuie instruit la locul de muncă, fiind supus unui examen asupra regulamentului de funcţionare şi exploatare tehnică obligatoriu pentru locul respectiv. El trebuie să lucreze un timp (în funcţie de locul de muncă) sub supravegherea şi conducerea unui lucrător experimentat pe acel loc.

Toate persoanele care se abat de la regulile de exploatare tehnică, de la instrucţiunile tehnice şi administrative şi de la regulile de tehnică şi securitate a muncii trebuie trase la răspundere imediat, în funcţie de gradul şi gravitatea abaterii.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL IV

EXPLOATAREA APARATELOR DE ANTRENARE A FLUIDELOR PENTRU EPURAT

IV.1. NOȚIUNI DE BAZĂ

În instalațiile de epurare și protejare a aerului atmosferic rolul acestor aparate este de a deplasa o cantitate oarecare de fluid (gaze sau aer) dintr-o parte a unui spațiu în alta. Locul din care se scoate fluidul se numește zona de aspirație, iar acela în care se trimite fluidul se numește zona de refulare.

În cazurile generale fluidul trece din zona de aspirație spre aparate prin conducte și canale, care se numesc conducte sau canale de aspirație, iar din aparate fluidul este evacuat în zona de refulare prin conducte sau canale de refulare.

Canalele prin care se deplasează curentul în aparate se numește partea de curgere a aparatului.

În practica exploatării se utilizează două feluri de clasificări a acestor aparate:

1) *După presiunea pe care o produc:*

— aparate de joasă presiune, calculate pînă la 100 mm H_2O;
— aparate de medie presiune, calculate pînă la 300 mm H_2O;
— aparate de înaltă presiune, calculate pînă la 1000 mm H_2O;

2) *După turația specifică* $n_{\Delta p}$ (prin turație specifică înțelegîndu-se relația dintre presiune, debit și turație normală):

$$n_{sp} = K'\frac{Q^{0'5}}{\left(\frac{H}{\gamma}\right)^{0'75}}n = K\frac{Q^{0'5}}{\left(\frac{H}{\rho}\right)^{0'75}}n; \qquad \text{(IV.1)}$$

Q = debitul aparatului [m^3/s];
H = presiunea [mm H_2O];
n = turația [rot/min];

K = un coeficient de curgere a cărui valoare numerică determinată din practica de exploatare este cuprins între 1,03 . . . 1,05.

Turația specifică a tuturor tipurilor de aparate centrifuge cu aspirație simplă este cuprinsă între 150 și 1 000 rot./min. Practic însă nu există un sistem rațional de clasificare a acestor aparate. Numărul de tipuri existente este foarte însemnat și sînt în funcție de întreprinderile constructoare.

Repartizarea vitezelor și a presiunilor la intrarea în aceste aparate influențează mult caracterul mișcării curentului în rotor și în carcasa elicoidală. De aceea trebuie să se acorde o atenție deosebită intrării regulate a curentului în rotor. El trebuie să intre cu o viteză cît mai mică, cu minimum de pierderi și trebuie să umple secțiunea de intrare.

Dispozitivul folosit la intrarea fluidului în rotor este în funcție de modul de aducere a acestuia din zona de aspirație. Alegerea dispozitivului de intrare este în funcție de presiunea dinamică în dispozitiv, în comparație cu presiunea aparatului, uniformitatea intrării curentului în rotor, condițiile de trecere a curentului prin canalele rotorului, construcția rotorului, viteza în secțiunea de intrare a rotorului etc.

O exploatare rațională poate fi realizată numai cînd aparatul (ventilatorul, aspiratorul de fum, exhaustorul etc.) este menținut la parametrii prescrişi la alegerea lui. Acest lucru este posibil, numai controlînd tot timpul acești parametri.

Instalațiile de protejare a aerului atmosferic trebuie să epureze fluide diferite ca : aer îmbibat cu impurități nocive, dar cu conținut redus de praf, aer cu un conținut ridicat de praf cu diferite caracteristici, gaze cu fum, gaze cu praf și fum etc.

În funcție de specificul fluidului se aleg și aparatele de antrenare, deci ele diferă de la caz la caz și anume : la vehicularea aerului sînt suficiente ventilatoarele, la aerul cu conținut ridicat de praf se vor utiliza exhaustoare, iar la gazele care conțin fum este necesar un tiraj artificial de antrenare a gazelor de ardere și arse și se vor utiliza aspiratoare de fum.

Deși între aceste aparate concepțional nu ar fi mare deosebire, exploatarea lor însă necesită măsuri care diferă de la unul la altul. Întrucît în instalațiile de epurare care funcționează în întreprinderile industriale se întîlnesc aproape în aceeași măsură toate categoriile de astfel de aparate, pentru a simplifica munca celor ce le exploatează le vom împărți în **3 mari categorii :** ● *ventilatoare ;* ● *exhaustoare ;* ● *aspiratoare de fum.*

Scanned with OKEN Scanner

Supravegherea în exploatare a aparatelor de antrenare a fluidelor de epurat nu are drept scop de a verifica dacă aparatul ales este cel corespunzător, deoarece se presupune că aceste verificări au fost făcute atît la acceptarea proiectului, cît și la verificarea la rece arătată mai înainte. Verificările din timpul exploatării au rolul de a vedea doar dacă parametrii, pe baza cărora aceste aparate au fost alese, se mențin la sarcina plină și de a se lua măsurile ca acești parametri să se mențină permanent, deoarece în timpul exploatării astfel de aparate nu funcționează întotdeauna după regimul calculat. Datorită acestui fapt este foarte important să se cunoască regimul critic și debitul maxim, precum și poziția regimului calculat față de cele două regimuri arătate. Deci, pentru a putea urmări calitățile unui astfel de aparat, trebuie verificată în permanență partea stabilă a caracteristicii lui. Deoarece în cele mai multe cazuri, dacă nu chiar în toate, exploatarea nu este făcută de acei care întocmesc proiectul unei instalații și deci, dimensionează aparatele, iar în timpul exploatării, de asemenea, de cele mai multe ori nu se pot menține caracteristicile fluidului de epurat, care au fost indicate la elaborarea proiectului, în scopul de a veni în ajutorul celor care au sarcina să exploateze o instalație în condiții optime, considerăm că este necesar să amintim **unele principii de bază care stau la alegerea unor astfel de aparate și pe care le vom întîlni în timpul exploatării**:

1) La devierea curentului către paletele rotorului se produce, în majoritatea cazurilor, ruperea curentului de la discul din față al rotorului. În același timp, datele experimentale din exploatare arată că viteza curentului în zona de deviere nu se micșorează în comparație cu viteza de intrare a curentului în rotor.

2) Se consideră că oricare ar fi regimul în care lucrează aparatul, curentul se apropie de canalele rotorului, în direcție radială, dacă nu se ține seamă de devierea prealabilă a curentului.

3) Înainte de intrare în canalele rotorului curentul capătă o mișcare de rotație numită deviere prealabilă a curentului. Din date practice de exploatare rezultă că, valoarea numerică a acestor viteze este proporțională cu viteza periferică a curentului la intrarea în rotor. Coeficientul de deviere ($\varphi_1 = 0{,}35$) este acceptat de obicei pentru toate regimurile de funcționare a aparatului.

4) În rotoare cu palete curbate înapoi și radiale la ieșire, în regimurile cu unghiuri de atac $\alpha_{a1} > 0$ se formează în partea inactivă a paletei o zonă de vîrtej deschisă. Din această cauză curentul nu umple canalul în întregime, nici în secțiunile intermediare și nici în secțiunea de ieșire din rotor, dacă aceasta din urmă nu este

Scanned with OKEN Scanner

mai mică decît secțiunea canalului la intrare. De aceea se admite că în regimurile cu unghiurile de atac pozitive viteza relativă w = const. Astfel, la intrarea curentului în canalele rotorului și la ieșirea din ele vitezele relative sînt egale, adică $w_1 = w_2$.

5) În cazul în care paletele sînt curbate înapoi și radiale la ieșire, în regimurile cu unghiurile de atac negative ($\beta_{1pal} < \beta_{cri}$) adică în cazul în care debitul depășește valoarea prevăzută, curentul se dispersează și reușește să umple întregul spațiu dintre paletele vecine în direcția periferică (proiecție periferică).

6) În direcția axială (proiecție axială), datorită ruperii curentului de la discul de acoperire (discul din față), canalele rotorului pot rămîne neumplute cu curent activ.

7) Dacă paletele sînt curbate înainte, iar unghiurile de ieșire sînt β = 140 . . . 160°, aspectul curentului în regimurile cu unghiurile de atac pozitive și negative este diferit, gradul de umplere a secțiunii de ieșire, în ambele cazuri este însă aproximativ identic.

8) Dacă paletele sînt curbate înainte, iar unghiurilor β_2 = 140...160°, curentul se dispersează în proiecție circulară, închide la ieșire zona de vîrtej și umple toată lățimea canalului. În direcție axială curentul activ umple o parte din lățimea canalului.

9) Se admite că prin difuzorul drept, curentul real de gaz se deplasează conform legilor în mișcare pentru un mediu ideal.

10) Fiecărei carcase îi corespunde un anumit debit normal Q_n care, la aparatele bine calculate și bine proiectate, este foarte apropiat de debitul în regim optim.

11) La debite mai mici de 80—85% din debitul normal al aparatului, în carcasa spirală circulă mase asociate de fluid. De aceea, viteza în carcasa spirală se determină pentru „debitul convențional" egal cu media aritmetică dintre debitele real și normal.

12) Dacă debitele aparatului sînt mai mari decît valoarea normală, masele asociate lipsesc și viteza în carcasă se determină pentru debitul aparatului.

La aparatele cu puteri mari cum sînt aspiratoarele de fum, suflantele etc. care de obicei au rotoare conice, trebuie prevăzută o zonă de deviere cu contururi aerodinamice, pentru a se evita ruperea curentului de la discul din față al rotorului.

În concluzie, condițiile care se impun unor astfel de aparate în exploatare sînt: ● *să asigure funcționarea neîntreruptă și stabilă pe toată durata termenului de exploatare;* ● *să fie fabricat astfel încît să asigure funcționarea sigură fără zgomot și fără vibrații;* ● *întregul aparat, ansamblurile și organele lui separate, trebuie să fie suficient de rezistente și de rigide;* ● *construcția lui, a an-*

samblurilor și organelor trebuie să fie simplă, rațională; în ceea ce privește latura tehnologică, ea trebuie să fie aleasă astfel încît să poată fi produsă în masă; ● să aibă un randament înalt.

IV.2. VENTILATOARELE

a. Verificarea intrării fluidului de epurat în rotor

Debitul admis Q_c:

$$Q_c = 1{,}04\, Q \quad [m^3/s]. \tag{IV.2}$$

Diametrul de intrare a fluidului în rotor:

$$D_o = 3{,}25 \sqrt[3]{\frac{Q}{\mu_o\, n(1-\varphi_1)}}\, [m]; \tag{IV.3}$$

μ_0 = coeficientul de strangulare care în mod practic se ia egal cu unitatea, deoarece la intrarea în ventilator este instalat întotdeauna un colector;

φ_1 = coeficientul de deviere a fluidului (φ_1 = 0,35 determinat practic).

Viteza fluidului la intrarea în rotor:

$$v_o = \frac{4Q_c}{\pi D_0^2 \mu_0}\, [m/s]. \tag{IV.4}$$

Lățimea vînei de fluid la intrarea în rotor:

$$b_{1crt} = b_{1a} = D_o/4 \; [mm]; \tag{IV.5}$$

b_{1a} este lățimea vînei de fluid activ la intrare în canale [mm]. Lățimea b_1 a canalului la intrarea în rotor se ia practic egală cu 1,1—1,2 b_{1a}.

Viteza periferică la intrarea în canalele rotorului u_1:

$$u_1 = \pi D_{in}/60; \tag{IV.6}$$

D_{in} = diametrul interior [m].

Unghiul de curgere β_{1crt} **a curentului de fluid către canalele rotorului:**

$$tg\, \beta_{1crt} = \frac{v_{1r}}{u_1(1-\varphi_1)}; \tag{IV.7}$$

v_{1r} este viteza radială la intrarea fluidului în canale [m/s].

C-da 5728 coala 7

Scanned with OKEN Scanner

Viteza relativă de curgere a curentului de fluid spre canalele colectorului:

$$w_1 = \frac{v_{1r}}{\sin \beta_{1crt}}. \qquad \text{(IV.8)}$$

b. Verificarea ieșirii fluidului de epurat din rotor

Viteza periferică la ieșirea din rotor:

$$u_2 = \sqrt{\frac{\overline{H}}{\rho H}} [m/s]. \qquad \text{(IV.9)}$$

H = presiunea totală [mm H_2O]; $\overline{H}$ = parametru adimensional.

Diametrul exterior al rotorului:

$$D_2 = \frac{60\ u_2}{\pi n} [m]. \qquad \text{(IV.10)}$$

Viteza relativă a curentului la ieșirea din rotor w_2 **este practic egală cu viteza relativă de curgere** w_1.

Viteza radială a curentului de fluid la ieșirea din rotor:

$$v_{2r} = w_2 \sin \beta_2 \ [m/s]; \qquad \text{(IV.11)}$$

β_2 este unghiul curentului la ieșirea din rotor.

Viteza absolută la ieșirea lin rotor:

$$v_2 = \sqrt{v_{2r}^2 + v_{2u}^2}; \qquad \text{(IV.12)}$$

v_{2u} este viteza reală de deviere a curentului la ieșirea din rotor.

Lățimea curentului de fluid activ la ieșirea din rotor:

$$b_{2a} = b_{2crt} = \frac{Q_c}{\pi\ D_2\ v_{2r}\ \mu_2} [m]; \qquad \text{(IV.13)}$$

μ_2 este un coeficient de debit (din date practice $\mu_2 = 0{,}95$).

Lățimea canalului la ieșirea din rotor:

$$b_2 = b_1 \frac{D_0 \sin \beta_{1crt}}{D_2 \sin \beta_{2crt}} \cdot \frac{1}{\mu_2} = b_1 \frac{D_0}{D_2} \cdot \frac{v_{1r}}{v_{2r}} \cdot \frac{1}{\mu_2} [m]. \qquad \text{(IV.14)}$$

Presiunea teoretică:

$$H_T = \rho u_2 v_{2u} \ [mm\ H_2O]. \qquad \text{(IV.15)}$$

Scanned with OKEN Scanner

c. **Verificarea carcasei spirale (mantaua ventilatorului)**
Viteza folosită în aceasta este:

$$v_m = 0{,}75\ v_{2u}\ [m/s].$$

Suprafața celei mai mari secțiuni a spiralei:

$$A_\varphi = Q/v_m\ [m^2]. \qquad \text{(IV.16)}$$

Suprafața secțiunii de ieșire (gîtul):

$$A_{ies} = Q/v_{ies}\ [m^2]. \qquad \text{(IV.17)}$$

d. **Verificarea pierderilor.** Oricîte măsuri s-ar lua în timpul montajului și a probelor de preluare, după intrarea în exploatare a instalațiilor de epurare, apar la aceste aparate pierderi care influențează negativ randamentul instalației de epurare. Ele trebuie controlate în tot timpul exploatării, pentru a se putea lua măsurile corespunzătoare.

Cele mai importante pierderi care apar sînt:

1) *Pierderile hidraulice* adică acelea care se produc în partea de curgere a unui ventilator. Pentru acoperirea acestor pierderi se consumă a parte din energia potențială a curentului obținută în partea de curgere a aparatului pe seama energiei transmisă curentului de către rotor.

Pierderile din camerele de intrare ΔH_{cam} **:**

$$\Delta H_{cam} = \zeta_{cam} \cdot \rho \frac{v_0^2}{2}. \qquad \text{(IV.18)}$$

v_0 = viteza de intrare în rotor;
ζ_{cam} = coeficientul de pierderi apreciat la 0,7;
ρ = 0,122 $kg \cdot s^2/m^4$, densitatea fluidului.

Pierderile din dispozitivul de intrare ΔH_{intr} sînt în funcție de tipul dispozitivului:

$$\Delta H_{intr} = \zeta_{r \cdot int} \cdot \rho \frac{v_0^2}{2}. \qquad \text{(IV.19)}$$

În racordurile de intrare cilindrice $\zeta_{r\,int}$ = 0,3 . . . 0,5 (o mică rotunjire a racordului la intrare reduce acest coeficient la 0,1).

Pierderile de presiune la devierea ΔH_{dev} **curentului spre canalele rotorului:**

Scanned with OKEN Scanner

$$\Delta H_{dev} = \zeta_{dev}\, \rho \frac{v_{1r}^2}{2}; \qquad \text{(IV.20)}$$

v_{1r} = viteza fluidului în rotor ; ζ_{dev} = 0,2 . . . 0,5 (determinat experimental).

Pierderile de energie ale curentului prin canalele rotorului. Acestea sînt în funcţie de unghiul de atac (regimul ventilatorului), unghiul de intrare al paletei, de tipul paletei şi de forma canalului.

În cazul paletelor curbate înapoi sau palete radiale la ieşire şi unghiul de atac $a_{at} > 0$ se poate utiliza relaţia :

$$\Delta H_k = \zeta_k\, \rho \frac{w_1^2}{2}. \qquad \text{(IV.21)}$$

w_1 = viteza relativă a fluidului la intrare ; $\zeta_k = f(\alpha_o, \beta_1)$

În cazul în care în canalele rotorului are loc o curgere dispersată, adică atunci cînd $w_1 > w_2$, apar pierderi suplimentare de dispersare :

$$\Delta H_{supl} = K_{supl}\, \rho \frac{w_1^2 - w_2^2}{2}. \qquad \text{(IV.22)}$$

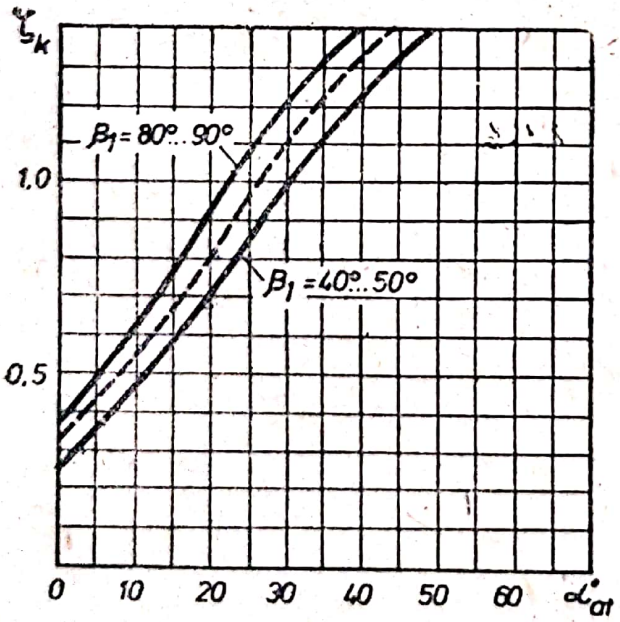


Fig. IV. 1.
Curbele $\zeta_k = f(\alpha_{ct})$ pentru palete cu unghiul $\beta < 90^0$.

În fig. IV.1 sînt arătate graficele funcţiei $\zeta_k = f(\alpha_{0t}, \beta_1)$ pentru unghiuri de atac pozitive, iar în fig. IV.2 graficul funcţiei

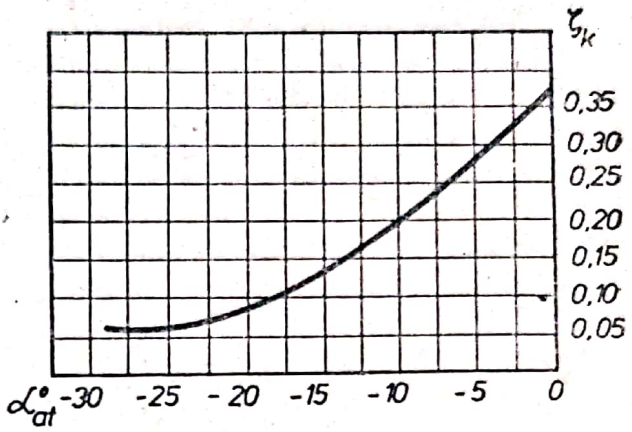


Fig. IV. 2.
Curba $\zeta_k = f(\alpha_{at})$ pentru regimurile cu unghiurile de atac negative.

$\zeta_k = f(\alpha_{at})$ pentru unghiuri de atac negative ($K_{sup'} = 0{,}3 \ldots 0{,}6$).

Pierderile prin difuzor ΔH_{disp}. Acestea se mai numesc și pierderi datorită dispersării, deoarece curentul care iese din rotor se dispersează :

$$\Delta H_{disp} = \rho \frac{v_{2r}^2}{2}\left(1 - \frac{r_2}{r_3}\frac{b_{2a}}{b}\right)\left(1 + \frac{r_2}{r_3}\frac{b_2}{b} - 2\frac{r_2}{r_{med}}\frac{b_{2a}}{b}\right); \qquad \text{(IV.23)}$$

b_{2a} = lățimea curentului activ ;
r_3, b = raza și lățimea difuzorului la capătul zonei de dispersare ;
$r_{med} = \frac{r_2 + r_3}{2}$ = raza medie.

Pierderile prin frecare :

$$\Delta H_{fr} = \lambda \frac{l}{D_h} + \gamma \frac{v^2}{2g}; \qquad \text{(IV.24)}$$

l = lungimea traiectoriei descrise de o particulă de gaz ;
D_h = diametrul hidraulic al curentului ;
v = viteza medie a fluidului ;
γ = coeficientul de frecare $= 0{,}01\left(\frac{K}{D_h}\right)^{0'314}$, unde K este un coeficient (pentru suprafețe metalice netede egal cu 1,5 . . . 5) și D_h diametrul hidraulic.

Pierderile prin carcasa spirală :

$$\Delta H_m = \zeta_m \rho \frac{v_k^2}{2}; \quad \zeta_m = 1{,}5\,\lambda\left(\frac{d_m}{A} + 0{,}6\right); \quad \lambda = 0'05; \qquad \text{(IV.25)}$$

d_m = diametrul cercului inițial al spiralei ;
A = suprafața celei mai mari secțiuni a carcasei.

Scanned with OKEN Scanner

Pierderile la trecerea curentului prin secţiunea de ieşire:

$$\Delta H_{ies} = K_c \frac{\rho}{2} (v_k - v_e)^2; \; K_c = 0{,}5 \ldots 10 \text{ practic } K_c = 0{,}5 \ldots 1{,}0; \tag{IV.26}$$

K_c este coeficientul de reducere a pierderilor.

Pierderile în difuzor după carcasa spirală:

Pentru unghiuri cu conicitate $\delta \leqslant 15^\circ$:

$$\Delta H_d = \zeta_d \rho \frac{v_e^2 - v_d^2}{2}; \tag{IV.27}$$

ζ_d este coeficientul de pierderi a cărui valoare este cuprinsă între 0,1 ... 0,15.

Pentru unghiuri cu conicitate de $\delta > 15^\circ$:

$$\Delta H_d = K_d \rho \frac{(v_e - v_d)^2}{2}; \tag{IV.28}$$

v_d = viteza în secţiunea de ieşire a difuzorului [m/s];
K_d = coeficientul de reducere determinat după graficul din fig. IV.3, în funcţie de mărimea unghiului .

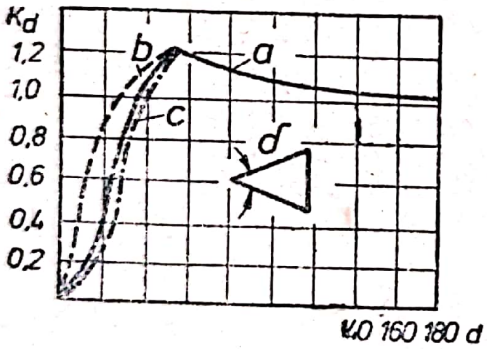


Fig. IV. 3. **Curbele** $k = f(d)$:
a — **difuzor cu secţiune circulară:**
b — **difuzor cu secţiune pătrată;**
c — **difuzor cu secţiune dreptunghiulară (cu o singură dimensiune constantă).**

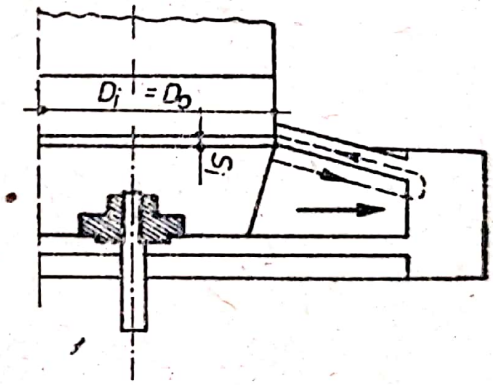


Fig. IV. 4. **Întoarcerea fluidului prin interstiţii.**

2) *Pierderile în interstiţii de etanşare* se dezvoltă între rotor şi racordul de intrare (fig. IV.4). Datorită diferenţei de presiune, prin ambele părţi ale interstiţiului are loc trecerea gazului din manta în rotor. Curgerea fluidului prin interstiţii are drept urmare o micşorare a debitului ventilatorului, precum şi o pierdere de energie transmisă fluidului în rotor. Pierderea în interstiţii este o cauză importantă care micşorează randamentul ventilatoarelor.

Scanned with OKEN Scanner

Cantitatea absolută de fluid care trece prin interstiții și mărimea relativă a curgerii se măresc odată cu creșterea presiunii ventilatorului și a dimensiunilor interstițiilor, și sînt în funcție de modul de etanșare.

Suprafața secțiunii interstițiului:

$$A_i = \pi D_i s_i [m^2]; \qquad \text{(IV.29)}$$

D_i = diametrul radial [m]; s_i = interstițiul radial [m].

Creșterea presiunii statice în rotor:

$$H_{stk} = \rho \frac{u_2^2 + u_1^2}{2} + \rho u_1 v_{1u} - \rho \frac{v_{1u}^2}{2} - h_k \; [mm\ H_2O]. \qquad \text{(IV.30)}$$

Diferența de presiune la ieșirea din rotor față de intrarea în interstițiu:

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \rho \frac{u_2^2}{8} \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2 \right] \; [mm\ H_2O]; \qquad \text{(IV.31)}$$

u_2 = viteza periferică la ieșirea din rotor [m/s];
p_1 = presiunea înainte de etanșare [kgf/m²];
p_2 = presiunea după etanșare [kgf/m²];
r_1 = raza interioară a rotorului [m];
r_2 = raza exterioară a rotorului [m].

Scăderea de presiune în interstiții:

$$H_i = H_{stk} - \Delta p \; [mm\ H_2O]. \qquad \text{(IV.32)}$$

Debitul de gaz în interstițiu:

$$Q_i = \mu_i A_i \sqrt{\frac{2 H_i}{\rho}}. \qquad \text{(IV.33)}$$

La reviziile periodice ale instalațiilor de epurare trebuie să se acorde multă atenție acestui interstițiu, reducîndu-l dacă este necesar, pînă la cel mult 5 mm.

3) *Pierderile în discuri.* Între disc și pereții mobili se află un spațiu plin cu fluid. Discul care se rotește antrenează fluidul și îi transmite o mișcare complexă. În stratul limită de lîngă discul care se rotește, se produce un cîmp de forțe centrifuge. Datorită acestui fapt, particulele de fluid de lîngă disc capătă o vite-

Scanned with OKEN Scanner

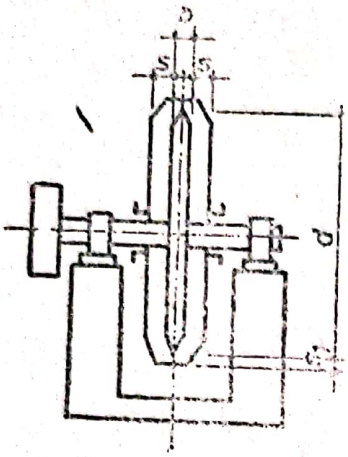


Fig. IV. 5. **Determinarea pierderilor în disc.**

ză radială și una de antrenare — viteza circulară. O mare parte din energia pe care o scoate fluidul din straturile limită de lîngă disc se pierde în mediul înconjurător (fig. IV.5).

Analizînd mișcarea fluidului în spațiul dintre disc și pereții mobili, se pot trage următoarele concluzii:

1) Pierderea în discuri este proporțională cu pătratul diametrului exterior al discului (D_2^2) *deoarece masa de gaz în mișcare și mărimea suprafeței care se freacă sînt proporționale cu* D_2^2.

2) Pierderea în discuri se mărește cu creșterea vitezei unghiulare a discului.

3) Pierderea în discuri crește concomitent cu creșterea distanței s dintre disc și manta (fig. IV.5), deoarece masa de fluid în mișcare este proporțională cu s. Astfel, mărimea pierderii în disc este maximă dacă discul se rotește în spațiul liber.

4) Masa de fluid în mișcare și forța de frecare sînt în funcție de natura mediului. De aceea pierderea în disc este proporțională cu densitatea fluidului sau cu greutatea lui specifică.

5) Frecarea discului este în funcție de numărul lui Reynolds și de starea suprafeței discului și a pereților imobili.

Lucrul mecanic total absorbit pentru pierderea în disc la o frecare pe ambele fețe:

$$A_2 = 2A_1 = \frac{\pi}{10\,g}\left(1 - \bar{r}_1^5\right) c_f\, \gamma\, u_2^3 D_2^2 - \beta_0 \gamma\, u_2^3 D_2^2;$$

$\bar{r}_1 = r_1/r_2$ = lungimea radială relativă a discului;

c_f = o funcție a unui mare număr de parametri și coeficienți de frecare c_f' și c_f'' care reprezintă valori experimentale și sînt în funcție de: caracterul mișcării fluidului, natura suprafeței discului și a mantalei etc. El se determină numai pe cale experimentală (de obicei $c_f = c_f'\left(1 + 5\frac{b}{D_2}\right)$;

u_2 = viteza de rotație a fluidului cu raza de rotație r_2;

A_1 = lucrul mecanic care se consumă într-o secundă din cauza frecării între disc și manta.

Scanned with OKEN Scanner

e. **Verificarea puterii absorbite pentru acționarea ventilatorului**

Puterea hidraulică :

$$P_h = \frac{QH_T}{102} [kW]; \qquad \text{(IV.35)}$$

$H_T = \rho\, u_2\, v_{2a}$ = presiunea teoretică [mmH$_2$O] ;

Puterea absorbită pentru pierderile în interstiții :

$$P_i = \frac{Q_i H_T}{102} [kW]. \qquad \text{(IV.36)}$$

Puterea absorbită în lagăre (după date practice aceasta este egală cu $\approx$ 5% din puterea hidraulică) :

$$P_{lag} = 0{,}05\ P_h\ [kW]. \qquad \text{(IV.37)}$$

Puterea parazitară adică puterea absorbită pentru învingerea pierderilor în discuri și a frecării aerului în zona de vîrtej. Această putere crește cu debitul față de valoarea optimă. Determinarea ei experimentală este foarte anevoioasă. Pentru verificare se pot folosi relațiile :

În cazul aspirației simple :

$$P_0 = \beta_0\, \rho w^3\, D_2^5 \left[2 - \overline{D}_0^5 + 11\, \overline{b_{2r}}\, (1 - \overline{v_m})^2\right] [kW;\ CP]. \qquad \text{(IV.38)}$$

În cazul aspirației duble :

$$P_0 = 2\beta_0\, \rho w^3\, D_2^5 \left[1 - \overline{D}_0^5 + 11\overline{b_{2r}}\, (1 - \overline{v_m})^2\right] [kW : CP]; \qquad \text{(IV.39)}$$

$\overline{b_{2r}} = \frac{b_2 - b_{2a}}{D_2}$ = lățimea relativă a zonei de vîrtej la ieșirea din rotor ;

$\overline{v_m} = V_m / u_2$ = mărimea relativă a vitezei v_m ;

$\overline{D}_0 = D_0/D_2$ = mărimea relativă a diametrului D_0 ;

b_2 = lățimea canalului la ieșirea din rotor [mm] ;

b_{2a} = lățimea activă a curentului la ieșirea din rotor [mm] ;

D_2 = diametrul exterior al rotorului [mm].

Puterea interioară :

$$P_{int} = P_h + P_i + P_o\ [kW]. \qquad \text{(IV.40)}$$

Scanned with OKEN Scanner

Randamentul interior al ventilatorului:

$$\eta_{int} = \frac{QH}{102\,P_{int}} \quad H = \text{presiunea totală [mm } H_2O]. \tag{IV.41}$$

Puterea totală:

$$P = P_{int} + P_{lag}\ [kW]. \tag{IV.42}$$

Randamentul mecanic:

$$\eta_{mec} = P_{int}/P. \tag{IV.43}$$

f. Verificarea difuzorului

Presiunea dinamică la ieșirea din ventilator:

$$H_d = \rho\,\frac{v_a^2}{2}\ [mm\ H_2O]; \tag{IV.44}$$

v_a este viteza în secțiunea de ieșire a ventilatorului [m/s].

Difuzorul la ieșirea din ventilator:

1) *Suprafața secțiunii la ieșire:*

$$A_d = Qv_d [m^2]. \tag{IV.45}$$

2) *Diametrul echivalent al secțiunii la ieșirea din difuzor:*

$$D_d = \sqrt{\frac{4\,A_d}{\pi}}\,[mm] \tag{IV.46}$$

3) *Diametrul echivalent al gîtului ventilatorului:*

$$D_a = \sqrt{\frac{4A_a}{\pi}}\,[mm]; \tag{IV.47}$$

A_a este suprafața echivalentă a gîtului ventilatorului [m²].

4) *Lungimea difuzorului la conicitate:*

$$l = \frac{D_d - D_a}{2tg\,\frac{\delta}{2}}\,[mm]; \quad \delta = \text{unghiul de conicitate.} \tag{IV.48}$$

Pierderile în difuzor:

$$\Delta H_{dif} = \zeta_l\,\rho\,\frac{v_a^2 - v_d^2}{2}\,[H_2O]; \tag{IV.49}$$

v_a = viteza în secțiunea de ieșire a gîtului ventilatorului [m/s];
v_d = viteza în secțiunea de ieșire a ventilatorului, [m/s].

Scanned with OKEN Scanner

Presiunea totală ţinînd seamă de pierderile din difuzor:

$$H_1 = H_m - H_{dif} \; [H_2O]. \qquad \text{(IV.49 bis)}$$

Randametul total al ventilatorului, ţinînd seama de pierderile în difuzor:

$$\eta = QH_1/102\,P. \qquad \text{(IV.50)}$$

Relaţiile indicate pînă acum se referă numai la ventilator. Într-o instalaţie de epurare mai sînt încă şi alte pierderi (canale de aer, conducte, aparate de epurare, coş etc.) care, însumate cu cele arătate vor constitui pierderile şi consumurile totale.

IV.3. ASPIRATOARELE DE FUM ŞI EXHAUSTOARELE

Deoarece acest fel de aparate sînt întîlnite mai des în instalaţiile de epurare de mare capacitate (centrale termoelectrice, combinate metalurgice etc.) şi întrucît unele relaţii arătate mai înainte sînt valabile şi la acest fel de aparate, pentru a veni mai concret în ajutorul celor care le urmăresc exploatarea, în continuare se va lua un exemplu de calcul pentru un aparat care lucrează într-o centrală termoelectrică acţionată cu cărbuni.

Exemplu de calcul. Se pune problema verificării în exploatare a unui aspirator de fum cu următoarele date principale: • debitul Q_h = 300 000 m³/h; • presiunea aparatului, ales după datele din proiect, H = 350 mm H_2O; • temperatura gazelor cu fum şi praf la intrarea în aparat t = 200°C; • turaţia aparatului n = 900 rot/min; • diametrul exterior al rotorului D_2 = 2 500 mm.

Schema aerodinamică a aparatului şi caracteaistica lui în timpul funcţionării sînt arătate în figurile IV.6 şi IV.7.

În urma verificărilor în exploatare a acestui aparat au rezultat următorii parametri:

1) *Debitul pe secundă:*

$$Q_s = \frac{Q_h}{3600} = \frac{300\,000}{3\,600} = 83{,}50 \; m^3/s. \qquad \text{(IV.51)}$$

2) *Densitatea gazelor cu fum la t = 200°C:*

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \times \frac{T_0}{T_{200}}; \qquad \text{(IV.52)}$$

γ = greutatea volumetrică a gazelor la 200°C este 1,34 kg/m³;
T_0 = temperatura absolută [°K];
g = gravitaţia = 9,81 [m/s²];

$$\rho = \frac{1{,}34}{9{,}81} \times \frac{273}{473} = 0{,}0788 \; [kg.s^2m^4]; \qquad \text{(IV.53)}$$

Scanned with OKEN Scanner

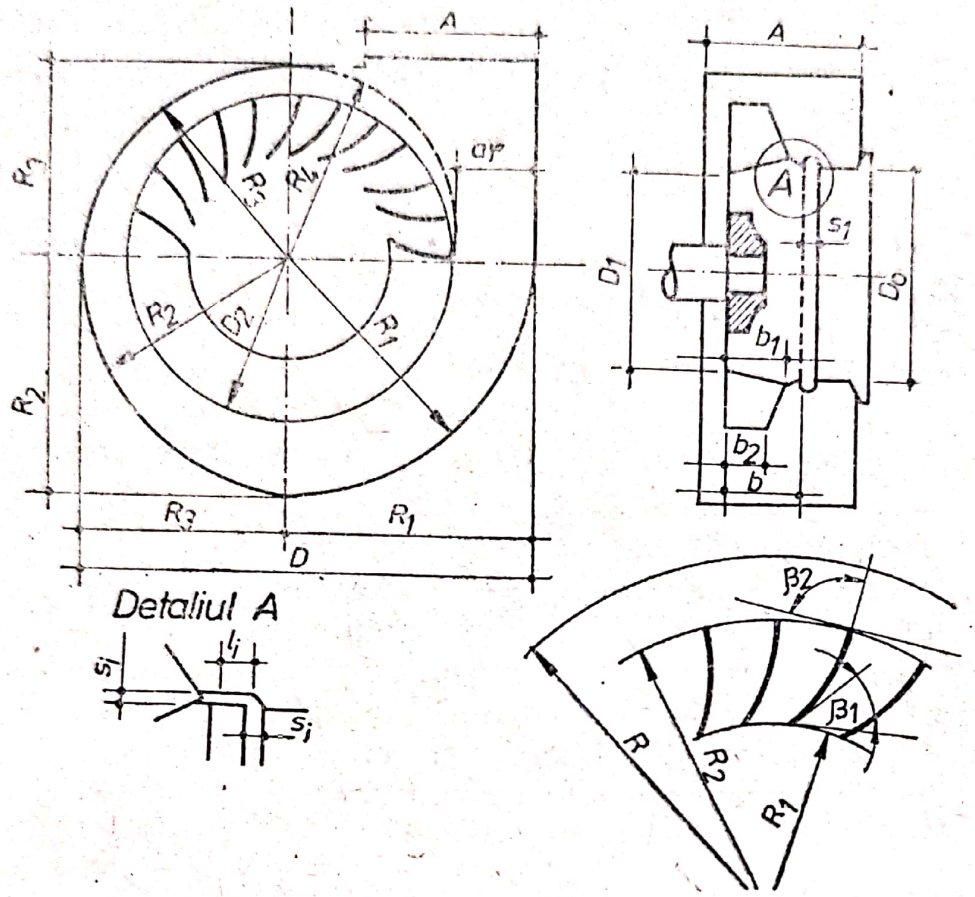


Fig. IV. 6. **Schema aerodinamică a unui ventilator centrifug.**

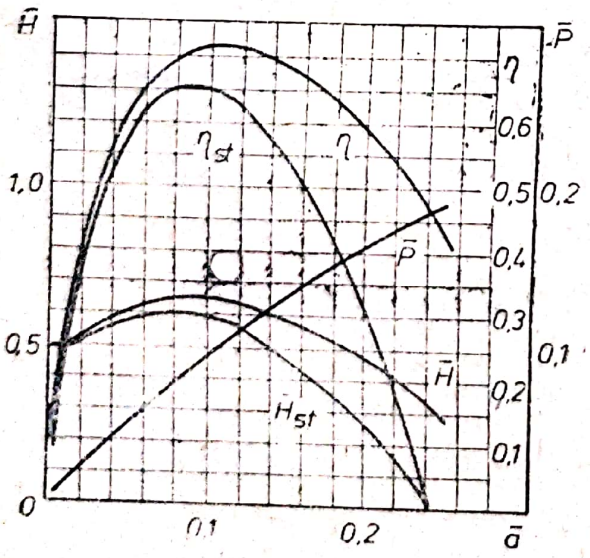


Fig. IV. 7.
Caracteristicile fără dimensiuni ale unui aparat.

3) *Turația specifică :*

$$n_{sp} = 20\,\pi \frac{Q_s^{0'5}}{\left(\frac{H}{\rho}\right)^{0'75}} n = 20 \times 3{,}14 \frac{83{,}5^{0'5}}{\left(\frac{350}{0{,}0788}\right)^{0'75}} \times 900 = 947 \text{ rot/min.}$$

Turația specifică a acestor aparate cu aspirație simplă este situată în intervalul de la 150 la 1 000 rot./min. Deoarece debitul este mare, s-a luat aspirația dublă. Deci :

$$Q_s = 83{,}5'/2 = 41{,}75 \text{ m}^3/\text{s}.$$

a. **Intrarea în rotor**

1) *Diametrul de intrare în rotor* (fig. IV.6) :

$$D_0 = 0{,}64\, D^2 \times 2\,500 = 1\,600 \text{ mm}.$$

2) *Secţiunea de intrare în rotor :*

$$A_0 = \frac{\pi D_0^2}{4}(1 - K_d^2) \; ; \; K_d = \frac{d_{arbore}}{D_0} = \frac{310}{1\,600} = 0{,}193 \; ; \qquad \text{(IV.55)}$$

$$A_0 = \frac{3{,}14 \times 1.6^2}{4}(1 - 0{,}193^2) = 2 \times 0{,}963 = 1{,}93 \text{ m}^2.$$

3) *Debitul calculat* $Q_c = K_c Q_s$; *(IV.56)*

K_c este coeficientul de curgere a cărui valoare stabilită experimental variază între 1.03 şi 1,05. În această verificare s-a luat valoarea 1,03. Deci :

$$Q_c = 1{,}03 \times 41{,}75 = 43 \text{ m}^3/\text{s}.$$

4) *Viteza de intrare în rotor :*

$$v_0 = Q_c/(\mu_0 A_0) \; ; \; \mu_0 = 1/\sqrt{\Sigma\zeta_i} = \text{coeficientul de debit.} \qquad \text{(IV.57)}$$

Avînd în vedere că la instalaţia la care s-a făcut verificarea gura de intrare este legată de conducta de aspiraţie, μ_0 este egal cu unitatea, deci :

$$v_0 = 43/1 \times 1{,}93 = 22{,}2 \text{ m/s}.$$

5) *Diametrul mediu al paletei la ieşire :* (IV.58)

$$D_{1med} = \frac{0{,}6 + 0{,}64}{2} D_2 \; ; \; D_{1med} = \frac{0{,}6 + 0{,}64}{2} \times 2{,}5 = 1{,}55 \text{ m} = 1\,550 \text{ mm}.$$

6) *Viteza periferică la intrarea în canale :*

$$u_1 = \frac{\pi D_1 n}{60} = \frac{3{,}14 \times 1{,}55 \times 900}{60} = 73 \text{ m/s}. \qquad \text{(IV.59)}$$

7) *Lăţimea curentului activ la intrarea în canale :*

$$b_{1a} = b_{1crt} - \frac{D_0}{4}(1 - K_d^2) = \frac{1{,}600}{4}(1 - 0{,}193^2) = 0{,}385 \text{ m} = 375 \text{ mm}. \qquad \text{(IV.60)}$$

8) *Lăţimea canalului la intrare :*

$$b_1 = 0{,}184 \; D_2 = 0.184 \times 2{,}500 = 0{,}46 \text{ m} = 460 \text{ mm}. \qquad \text{(IV.61)}$$

9) *Viteza radială la intrarea în canale.* Întrucît lăţimea canalului este mai mare decît lăţimea activă a curentului (460 mm faţă de 375 mm), viteza radială v_{1r} este egală cu viteza de intrare în rotor v_0, deci :

$$v_{1r} = v_0 = 22{,}2 \text{ m/s}. \qquad \text{(IV.62)}$$

10) *Viteza relativă a curentului la intrarea în canale :*

$$w_1 = \sqrt{v_{1r}^2 + (1 - \varphi_1)^2 u_1^2} \; ; \qquad \text{(IV.63)}$$

φ_1 — coeficientul de deviere a cărui valoare s-a stabilit practic la 0,35. Deci :

Scanned with OKEN Scanner

$$w_1 = \sqrt{22{,}2^2 + (1 - 0{,}35)^2 \times 73^2} = 52{,}38 \text{ m/s.} \qquad \text{(IV.63')}$$

b. **Ieşirea din rotor**

1) *Viteza periferică la ieşirea din rotor:*

$$u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60} = \frac{3{,}14 \times 2{,}5 \times 900}{60} = 118 \text{ m/s.}$$

2) *Viteza relativă a curentului la ieşirea din rotor* w_2 a fost aceeaşi ca viteza relativă a curentului la intrarea în rotor w_1, deoarece unghiul curentului la ieşirea $\beta_2 = 90°$. Adică:

$$w_2 = w_1 = 52{,}38 \text{ m/s.} \qquad \text{(IV.64)}$$

3) *Viteza de deviere a curentului la ieşirea din rotor neţinîndu-se seama de numărul paletelor:*

$$v_{2u\infty} = u_2 - w_2 \cos \beta_2 = u_2 = 118 \text{ m/s.} \qquad \text{(IV.65)}$$

4) *Unghiul curentului la ieşirea din rotor cînd s-a ţinut seama de numărul paletelor:*

$$\cos \beta_2' = \cos \beta_2 + K \frac{v_{2u\infty}}{z u_2}; \qquad \text{(IV.66)}$$

$$\beta_2' = 82°50'; \ \beta_2 - \beta_2' = 90° - 82°50' = 7°10';$$

z este numărul de palete (24 în cazul de faţă), iar $K = 3$. Deci:

$$\cos \beta_2' = 0 + 3 \times \frac{118}{118 \times 24} = \frac{3}{24} = 0{,}125.$$

5) *Viteza reală de deviere a curentului la ieşirea din rotor:*

$$v_{2u} = u_2 - w_2 \sin \beta_2' = 118 - 69{,}9 \times 0{,}125 = 109{,}27 \text{ m/s.} \qquad \text{(IV.67)}$$

6) *Viteza radială a curentului la ieşirea din rotor:*

$$v_{2r} = w_2 \sin \beta_2' = 69{,}9 \times 0{,}9992 = 69{,}34 \text{ m/s.} \qquad \text{(IV.68)}$$

7) *Viteza absolută a curentului la ieşirea din rotor:*

$$v_2 = \sqrt{v_{2r}^2 = v_{2u}^2} = \sqrt{69{,}34^2 + 109{,}27^2} = \sqrt{16090{,}25} = 129{,}4 \text{ m/s.} \qquad \text{(IV.69)}$$

8) *Lăţimea activă a curentului la ieşirea din rotor:*

$$b_{2a} = b_{2cr\,t} = \frac{Q_c}{\pi D_2 v_{2r}} = \frac{43}{3{,}14 \times 2{,}5 \times 69{,}34} = 0{,}079 \text{ m} = 79 \text{ mm.} \qquad \text{(IV.70)}$$

9) *Lăţimea canalului la ieşire:*

$$b_2 = 0{,}1 D_2 = 0{,}1 \cdot 2{,}5 = 250 \text{ mm.}$$

Scanned with OKEN Scanner

c. **Mantaua spirală (carcasa)**

1) *Jumătate de lățime a mantalei spirale:*

$$B = 2{,}5 \times 0{,}4 = 1{,}00 \text{ m} = 1\,000 \text{ mm}. \qquad \text{(IV.71)}$$

2) *Circulația curentului după rotor:*

$$\Gamma_2 = \pi D_2 v_{2u} = 3{,}14 \times 2{,}5 \times 109{,}27 = 858 \text{ m}^2/\text{s}. \qquad \text{(IV.72)}$$

3) *Valoarea:* $$\frac{Q_c}{B\Gamma_2} = \frac{43}{1 \times 858} = 0{,}050. \qquad \text{(IV.73)}$$

4) *Cea mai mare desfășurată a spiralei:*

$$a_m = 0{,}32 \times D_2 = 0{,}32 \times 2{,}5 = 0{,}80 \text{ m} = 800 \text{ mm}. \qquad \text{(IV.74)}$$

5) *Viteza medie a curentului în manta.* Deoarece debitul calculat ($Q_c = 43$ m³/s) este mai mare de cel normal ($Q_r = 41{,}75$ m³/s), a rezultat:

$$v_m = \frac{Q_c}{a_m B} = \frac{0{,}800 \times 1}{43} = 53{,}75 \text{ m/s}. \qquad \text{(IV.75)}$$

6) *Secțiunea de ieșire (jumătatea suprafeței gîtului) a aspiratorului de fum:*

$$A_a = 0{,}6 D_2 \times B = 0{,}6 \times 2{,}5 \times 1 = 1{,}50 \text{ m}^2. \qquad \text{(IV.76)}$$

7) *Viteza în secțiunea de ieșire a aspiratorului de fum:*

$$v_a = \frac{Q}{A_a} = \frac{41{,}75}{1{,}5} = 27{,}83 \text{ m/s}. \qquad \text{(IV.77)}$$

9) *Presiunea teoretică:*

$$H_T = \rho\, u_2\, v_{2u} = 0{,}0788 \times 118 \times 109{,}27 = 1\,016 \text{ mm } H_2O. \qquad \text{(IV.78)}$$

10) *Presiunea dinamică la ieșirea din aspiratorul de fum:*

$$H_d = \rho \frac{v_a^2}{2} = 0{,}0788 \frac{27{,}83^2}{2} = 31{,}50 \text{ mm } H_2O, \qquad \text{(IV.79)}$$

adică circa 3% din presiunea teoretică.

d. **Pierderile hidraulice**

1) *Pierderile de deviere a curentului spre canalele rotorului:*

$$\Delta H_{dev} = \zeta_{dev}\, \rho \frac{v_{1r}^2}{2}; \qquad \text{(IV.80)}$$

coeficientul de la deviere ζ_{dev}, după date experimentale din exploatare, are valori cuprinse între 0,2 și 0,5. În cazul de față s-a luat $\zeta_{dev} = 0{,}35$ (media între cele două limite). Deci:

Scanned with OKEN Scanner

$$\Delta H_{dev} = 0{,}35 \times 0{,}0788 \frac{22{,}2^2}{2} = 6{,}80 \text{ mm } H_2O.$$

2) *Pierderile de presiune în timpul curgerii curentului între palete:*

$$\Delta H_k = \zeta_k \rho \frac{w_1^2}{2}; \qquad \text{(IV.81)}$$

ζ_k se determină din fig. IV.1 în funcţie de unghiul de atac al paletelor α_{at}. În cazul de faţă la $\alpha_{at} = 4°40'$ corespunde $\zeta_k = 0{,}38$. Deci:

$$\Delta H_k = 0{,}38 \times 0{,}0788 \frac{52{,}38^2}{2} = 41{,}00 \text{ mm } H_2O.$$

3) *Pierderile de şoc la trecerea curentului din rotor în manta:*

$$\Delta H_{soc} = \rho \frac{(v_2 - v_m)^2}{2} = 0{,}788 \frac{(129{,}40 - 53{,}75)^2}{2} = 225{,}48 \text{ mm } H_2O. \qquad \text{(IV.82)}$$

4) *Coeficientul de pierderi în timpul trecerii curentului prin manta:*

$$\zeta_m = 1{,}5\, \lambda \left(\frac{d_r}{a_m} + 0{,}6 \right); \qquad \text{(IV.83)}$$

λ = coeficientul de frecare stabilit practic la 0,5; $d_r = D_2$ = diametrul spiralei. Deci:

$$\zeta_m = 1{,}5 \cdot 0{,}5 \left(\frac{2{,}5}{0{,}8} + 0{,}6 \right) = 2{,}79.$$

5) *Pierderile în manta:*

$$\Delta H_m = \zeta_m \rho \frac{v_m^2}{2} = 2{,}79 \times 0{,}0788 \times \frac{53{,}75^2}{2} = \qquad \text{(IV.84)}$$

$$= 2{,}79 \times 0{,}0788 \times 1\,444{,}53 = 317{,}58 \text{ mm } H_2O.$$

6) *Pierderile la trecerea spre secţiunea de ieşire (gîtul):*

$$\Delta H_{ies} = k\rho \frac{(v_m - v_a)^2}{2}; \qquad \text{(IV.85)}$$

k este coeficientul de reducere a pierderilor, care variază de la 0,5 la 1,0. În majoritatea cazurilor se ia limita inferioară 0,5. Deci:

$$\Delta H_{ies} = 0{,}5 \times 0{,}0788 \frac{(53{,}75 - 27{,}83)^2}{2} = 0{,}5 \times 0{,}0788 \times 335{,}92 = 13 \text{ mm } H_2O. \qquad \text{(IV.86)}$$

7) *Pierderile hidraulice în aspiratorul de fum:*
Pierderile în rotor:

$$h_k = \Delta H_{dev} + \Delta H_k = 6{,}80 + 41{,}00 = 47{,}80 \text{ mm } H_2O. \qquad \text{(IV.87)}$$

Pierderea totală în manta:

$$h_m = \Delta H_{soc} + \Delta H_m + \Delta H_{ies} = 225{,}48 + 317{,}58 + 13 = 556{,}00 \text{ mm } H_2O. \quad \text{(IV.88)}$$

Pierderile în aspiratorul de fum:

$$h_a = h_k + h_m = 47{,}80 + 556{,}00 = 603{,}80 \text{ mm } H_2O. \quad \text{(IV.89)}$$

8) *Presiunea totală:*

$$H = H_T - h_a = 1\,012 - 603{,}80 = 408{,}20 \text{ mm } H_2O. \quad \text{(IV.90)}$$

9) *Randamentul hidraulic:*

$$\eta_h = \frac{408{,}20}{1\,012} = 0{,}40.$$

e. **Puterea parazitară** (puterea absorbită pentru învingerea pierderilor în discuri și a frecării aerului în zona de vîrtej).

1) *Lățimea relativă a zonei de vîrtej la ieșirea din rotor:*

$$b_{2v} = b_2 - b_{2a} = 250 - 85 = 165 \text{ mm}; \ \overline{b}_{2v} = b_{2v} : D_2 = 0{,}165 : 2{,}5 = 0{,}066. \quad \text{(IV.91)}; \ \text{(IV.92)}$$

2) *Mărimea relativă a diametrului:*

$$\overline{D}_0 = D_0 : D_2 = 1\,600 : 2\,500 = 0{,}64; \ \overline{D}_0^5 = 0{,}64^5 = 0{,}1075. \quad \text{(IV.93)}$$

3) *Mărimea relativă a vitezei medii:*

$$\overline{v}_m = v_m : u_2 = 53{,}75 : 118 = 0{,}45. \quad \text{(IV.94)}$$

4) *Mărimea puterii parazitare:*

$$P_0 = 2^3 \beta_0 \rho u_2^3 D_2^2 \left[1 - \overline{D}_0^5 + 11\, \overline{b}_{2v} (1 - \overline{v}_m)^2\right], \quad \text{(IV.95)}$$

$\beta_0 = 7 \times 10^{-6}$ (stabilit pe cale experimentală în exploatare). Deci:

$$P_0 = 2^3 (7 \times 10^{-6}) \times 0{,}0785 \times 118^3 \times 2{,}5^2 [1 - 0{,}1\,075 + 11 \times 0{,}066 (1 - 0{,}52)^2] = 8 \times 0{,}000007 \times 0{,}0785 \times 1\,643\,032 \times 6{,}25 \times 1{,}104 = 48{,}62 \approx 49{,}0 \text{ CP}.$$

f. **Pierderile în interstiții:**

1) *Coeficientul de debit:*

Zona de etanșare:

$$l_t = 0{,}015 \times D_2 = 0{,}015 \times 2\,500 = 37{,}5 \text{ mm}. \quad \text{(IV.96)}$$

Lățimea:

$$s_t = 0{,}006 D_2 = 0{,}006 \times 2\,500 = 15 \text{ mm}. \quad \text{(IV.97)}$$

Scanned with OKEN Scanner

Coeficientul de debit:

$$\mu_i = 0{,}7 \frac{1}{\sqrt{1{,}5 + \lambda \frac{l_i}{2 s_i} + \zeta_{dev}}}; \qquad \text{(IV.98)}$$

coeficientul de pierdere ζ_{dev} s-a luat 0,5 (valoarea maximă), iar $\lambda = 64 : \mathrm{Re}$. Ținînd seama că lățimea s_i este mică în comparație cu D_i (diametrul interstițiului) se ia experimental Re = 2 000, deci $\lambda = 64 : 2\,000 = 0{,}032$. Deci, valoarea lui μ_i va fi:

$$\mu_i = 0{,}7 \times \frac{1}{\sqrt{1{,}5 + 0{,}032 \times \frac{37{,}5}{2 \cdot 15} + 0{,}5}} = \frac{1}{1{,}428} = 0{,}7.$$

2) *Suprafața secțiunii interstițiului:*

$$A_i = \pi D_i s_i = 3{,}14(1{,}6 + 0{,}015) \times 0{,}015 = 0{,}076 \text{ m}^2. \qquad \text{(IV.99)}$$

3) *Diferența de presiune la ieșirea din rotor față de intrarea în interstițiu:*

$$\Delta_p = p_2 - p_1 = \rho \frac{u_2^2}{8}\left[1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2\right]; \qquad \text{(IV.100)}$$

r_1 și r_2 sînt razele interioară și exterioară ale paletelor.
În cazul de față $r_i = 800$ mm și $r_2 = 1\,220$ mm. Deci:

$$\Delta_p = 0{,}0785 \frac{118^2}{8}(1 - 0{,}65^2) = 79{,}20 \text{ mm } H_2O.$$

4) *Creșterea presiunii statice în rotor:*

$$H_{st \cdot k} = \rho \frac{u_2^2 - u_1^2}{2} + \rho \mu_1 v_{1r} - \rho \frac{v_{1r}^2}{2} - h_k = 0{,}0785 \frac{118^2 - 73^2}{2} +$$

$$+ 0{,}0785 \times 73 \times 22{,}2 - 0{,}0785 \frac{22{,}2^2}{2} - 47{,}80 = \qquad \text{(IV.101)}$$

$$= 338{,}60 + 127{,}7 - 19{,}40 - 47{,}80 = 399{,}10 \text{ mm } H_2O.$$

5) *Scăderea de presiune în interstițiu:*

$$H_i = H_{st \cdot k} - \Delta_p = 399{,}10 - 79{,}20 = 319{,}90 \text{ mm } H_2O. \qquad \text{(IV.102)}$$

6) *Debitul de gaz în interstițiu:*

$$Q_i = \mu_i A_i \sqrt{\frac{2 H_i}{\rho}} = 0{,}7 \times 0{,}076 \sqrt{\frac{2 \times 319{,}90}{0{,}0785}} = 4{,}79 \text{ m}^3/\text{s}. \qquad \text{(IV.103)}$$

Față de debitul aspirat $Q_s = 41{,}75$ m³, Q_i reprezintă:

$$Q_i = \frac{4{,}79}{41{,}75} \times 100 \approx 11{,}47\%.$$

Scanned with OKEN Scanner

g. Puterea necesară pentru acţionarea aspiratorului de fum

1) *Puterea absorbită pentru pierderile în interstiţiu :*

$$P_i = \frac{Q_i H_T}{75} = \frac{4{,}79 \times 1\,016}{75} = 64{,}80 \text{ CP.} \qquad \text{(IV.104)}$$

2) *Puterea hidraulică :*

$$P_h = \frac{QH_T}{75} = \frac{41{,}75 \times 1\,016}{75} = 565{,}5 \text{ CP.} \qquad \text{(IV.105)}$$

3) *Pierderile în lagăre ;* în urma datelor din exploatare au rezultat că ele ajung la 3% din P_h . Deci :

$$P_{lag} = 0{,}03 \times 565{,}5 = 16{,}96 \text{ CP.} \qquad \text{(IV.106)}$$

4) *Puterea interioară ;*

$$P_{int} = P_h + P_o + P_i = 565{,}5 + 49{,}0 + 64{,}8 \approx 679{,}3 \text{ CP.} \qquad \text{(IV.107)}$$

5) *Puterea necesară pentru acţionarea aspiratorului de fum :*

$$P = P_{int} + P_{lag} = 679{,}3 + 16{,}9 \approx 696{,}2 \text{ CP.} \qquad \text{(IV.108)}$$

h. Randamentul

1) *Randamentul interior :*

$$\eta_{int} = \frac{QH}{75\ P_{int}} = \frac{41{,}75 \times 408{,}2}{75 \times 679{,}3} = 0{,}33. \qquad \text{(IV.109)}$$

2) *Randamentul total :*

$$\eta = \frac{QH}{75\ P} = \frac{41{,}75 \times 408{,}2}{75 \times 696{,}2} = 0{,}32. \qquad \text{(IV.110)}$$

Din exemplele date, atît pentru ventilatoarele care vehiculează aerul în instalaţiile de epurare, cît şi pentru aspiratoarele de fum şi exhaustoare, se pare că personalul care are sarcina de a urmări exploatarea acestor instalaţii ar trebui să facă nişte calcule laborioase care, practic, ar îngreuia exploatarea. În realitate lucrurile stau cu totul altfel şi după cum se va vedea, cele arătate mai înainte au tocmai scopul de a uşura munca acestui personal, dîndu-i posibilitatea ca să cunoască în permanenţă starea instalaţiilor de epurare. Acest lucru este foarte important, deoarece nici o instalaţie în exploatare nu va epura gaze sau aer la parametrii daţi la proiectare, deoarece acest lucru practic nici nu este posibil. Nimeni nu poate cunoaşte caracteristicile complete ale materiilor prime la fiecare şarjă din producţie (conţinutul de pămînt, minerale etc. din cărbuni, care nu ard şi se evacuează în

Scanned with OKEN Scanner

aer la centralele termoelectrice, cantitatea de pămînt şi alte roci la minereurile de fier şi metale neferoase de la furnalele combinatelor siderurgice etc., deoarece în special cărbunii vin din diferite surse a căror structură diferă mult de la una la alta). Datorită acestor condiţii inerente instalaţiile de epurare a gazelor şi aerului sînt supuse la eforturi foarte variate, eforturi care în cele mai multe cazuri depăşesc datele din proiect. O funcţionare în condiţii bune poate fi asigurată cînd aceste variaţii se cunosc, deci cînd instalaţia este exploatată în funcţie de aceste variaţii.

Pentru a se evidenţia influenţa concentraţiei particulelor solide în fluidul de epurat, se menţionează că la variaţia concentraţiei gravimetrice de la $\mu = 0$ pînă la $\mu = 1$ (μ reprezentînd numărul de kilograme de particule solide pe care le conţine 1 m^3 sau 1 kg fluid) la un debit $Q = 2\,000$ m^3/h, presiunea scade $\approx$ 1,3 ori şi randamentul de 2,8 ori, iar puterea absorbită creşte $\approx$ 2,25 ori. În afară de aceasta, particulele solide influenţează starea suprafeţelor în partea de scurgere a aparatului. Acţiunea abrazivă a impurităţilor solide, pe lîngă uzura mecanică a aparatului, provoacă şi o creştere însemnată a pierderilor hidraulice. Se uzează în special foarte mult rotorul şi mantaua spirală. Un grad mare de impurităţi mecanice poate duce de asemenea la îmbîcsirea canalelor rotoarelor şi modificarea presiunii în acestea. În unele cazuri se pot înfunda parţial sau total canalele.

Un calcul asupra influenţei acestor impurităţi nu se poate face din considerentele arătate mai înainte (variaţia acestora în conţinut şi structură), dar după date culese din exploatare a rezultat că viaţa aparatelor se reduce pînă la 70% din durata normală (în special la centralele termoelectrice care funcţionează cu cărbuni inferiori). Cele mai corecte concluzii la care s-a ajuns sînt supravegherea în exploatare a aparatelor şi reglarea lor în funcţie de conţinutul impurităţilor mecanice (solide) şi de structura lor.

Prima sarcină deci care îi revine personalului de exploatare este de a organiza supravegherea, astfel ca în fiecare moment să se poată face măsurătorile în punctele principale ale instalaţiei, pentru ca în funcţie de încărcarea acesteia (conţinutul de impurităţi din aer şi gaze) să se poată face reglajele respective atunci cînd se ating limitele critice.

Înlocuind rezultatele măsurătorilor în formulele arătate anterior, care toate sînt determinate după observaţii luate din exploatare de la diferite instalaţii în funcţiune, se pot constata imediat

Scanned with OKEN Scanner

variațiile de sarcină și se pot face reglajele necesare, care se vor arăta în continuare.

Atenția personalului care exploatează instalațiile de epurare a aerului atmosferic trebuie concentrată în punctele cheie, deoarece după cum se poate vedea din desfășurarea exemplelor date mai înainte, ceilalți parametri sînt în funcție de aceste puncte.

Adaptarea parametrilor din exemplele de calcul de mai înainte la condițiile reale de lucru ale instalațiilor de epurare este foarte importantă, deoarece în caz contrar aceste instalații nu vor da rezultatele scontate și de cele mai multe ori se va ajunge la scoaterea lor din funcțiune (lucru foarte frecvent la data actuală la întreprinderile industriale din țara noastră).

Nu trebuie considerată ca exagerare urmărirea continuă a acestor măsurători, deoarece ele sînt absolut necesare și efectuarea lor este foarte ușoară, dacă instalația a fost dotată cu aparatura necesară.

Cunoașterea acestor variații și intervenția promptă în ceea ce privește adaptarea instalațiilor la regimul respectiv, pe lîngă că protejează aceste instalații, care în general sînt foarte scumpe, contribuie la realizarea unui deziderat acut pe întreg mapamondul — economia de energie și protejarea mediului înconjurător.

IV.4. REGLAREA APARATELOR DE ANTRENARE

a. **Principii de reglare.** Un astfel de aparat și rețeaua respectivă de vehiculare a fluidului de epurat formează un singur sistem. Starea de echilibru a acestui sistem rezultă din egalitatea dintre debitul aparatului și debitul din rețea, din egalitatea dintre presiunea aparatelor și presiunea din rețea.

De asemenea, tot din cele arătate anterior se poate vedea că în exploatare aspiratoarele de fum, exhaustoarele, suflantele, ventilatoarele instalate în uscătorii și altele au regim de lucru variabil și de aceea aparatul trebuie reglat în funcție de aceste variații. Aceste reglări au scopul de a modifica artificial regimul instalației prin modificarea caracteristicii rețelei sau a aparatului de antrenare, pentru a evita producerea unei funcționări instabile a acestuia.

După experimentările făcute în practică, metodele de reglare pot fi împărțite în două grupe:

Scanned with OKEN Scanner

1) Modificarea regimului de lucru a aparatului. Aceasta se realizează prin variația turației motorului sau prin variația turației aparatului respectiv, păstrîndu-se turația constantă a motorului.

2) Reglarea la turația constantă a aparatului.

După principiul de acționare, mecanismele de reglare pot fi împărțite în:

1) Mecanisme de reglare care modifică regimul de lucru al aparatului numai prin obturare, fără a modifica momentul cantității de mișcare a curentului, înainte de intrare în rotor (vană, obturator, supapă etc.).

2) Mecanisme de reglare care modifică regimul de lucru al aparatului prin obturare și prin modificarea momentului cantității de mișcare a curentului înainte de intrarea în rotor (dispozitive de conducere axial și radial, dispozitiv de conducere de tip simplificat etc.).

3) Mecanisme de reglare legate de arborele rotorului aparatului, care variază mărimea puterii absorbite prin modificarea turației rotorului: turația motorului rămîne în acest timp neschimbată;

4) Mecanisme de reglare care acționează direct asupra motorului de antrenare a rotorului (reostat, dispozitiv de reglare a motorului etc.).

5) Mecanisme de reglare care lucrează pe baza unui principiu combinat (instalație cu motor cu două viteze și dispozitv de conducere etc.).

În funcție de tipul mecanismului de reglare sînt posibile următoarele metode:

1) *Cînd turația aparatului este constantă:* ● strangulare la refulare; ● strangulare la aspirație; ● schimbarea poziției paletelor turnante ale dispozitivului de conducere instalat la aspirație; ● selecție parțială a fluidului.

2) *Cînd turația aparatului este variabilă dar turația motorului rămîne constantă:* ● instalarea unui reductor cu roți dințate cu mai multe trepte; ● instalarea unui cuplaj hidraulic;

3) *Cînd turația aparatului și a motorului este variabilă:* ● instalarea unui motor cu turație variabilă; ● introducerea unei rezistențe în circuitul rotorului motorului electric; ● schimbarea numărului de perechi de poli; ● reglare combinată.

Întrucît energia necesară pentru acționarea aparatului este în funcție de metoda de reglare, alegerea metodelor adecvate are

Scanned with OKEN Scanner

o mare importanță economică, fiind în funcție de destinația aparatului, de caracterul sarcinii, de tipul paletelor rotorului și de faptul dacă aparatul funcționează în rețea individual sau este legat în paralel sau în serie cu alte aparate.

În continuare se vor da cîteva îndrumări asupra modului cum trebuie să se procedeze la aplicarea acestor principii de reglare.

a 1. **Reglarea prin variația turației.** Cînd randamentul aparatului variază direct proporțional cu turația, presiunea se schimbă proporțional cu pătratul, iar puterea cu cubul turației. Randamentul nu trebuie însă să se modifice. Rezultatele cele mai bune obținute au fost la o variație a turației în limitele de $\pm$ 30% din valoarea nominală.

Reglarea aparatului prin variația turației este o metodă economică, dar caracterul economic al reglării trebuie stabilit în întregime, în funcție de variația debitului și a puterii în instalație.

Există mai multe metode de modificare a turației și anume:

1) *Instalarea de motoare electrice care pot fi reglate.* Această metodă cere întrebuințarea de motoare electrice costisitoare. Este rentabilă și se recomandă numai la instalațiile de mare putere (de la 1 000 kW și mai mult în sus).

2) *Înlocuirea motorului prin alt motor cu altă turație.* O astfel de metodă se justifică atunci cînd a expirat termenul de amortizare fixat pentru exploatarea motorului sau cînd au apărut motoare cu un randament mai bun.

3) *Introducerea unei rezistențe în circuitul rotorului motorului electric (instalarea unui reostat).* Această metodă dacă nu este bine stăpînită, ar putea duce la o înrăutățire a randamentului instalației, dar practic este mai indicată decît instalarea unui motor electric special.

Cu ajutorul acestor trei metode de reglare se poate varia turația unui aparat prin modificarea turației motorului.

4) *Introducerea unui reductor cu mai multe trepte.* În felul acesta aparatul poate funcționa cu mai multe turații. În anumite cazuri o astfel de metodă de reglare poate fi practic pe deplin satisfăcătoare.

5) *Instalarea unei roți de transmisie cu curele trapezoidale sau înlocuirea roții de transmisie a aparatului sau motorului.* Această metodă nu prezintă dificultăți și operația poate fi efec-

Scanned with OKEN Scanner

tuată relativ repede. Metodele 4) şi 5) permit modificarea treptată a turaţiei aparatului, la o turaţie constantă a motorului.

6) *Variaţia lentă a aparatului, la o turaţie constantă a motorului, poate fi obţinută prin instalaţia unui cuplaj hidraulic.* Transmiterea puterii de la arborele conducător către cel condus se efectuează astfel : pompa cuplajului hidraulic se montează pe arborele motorului, iar turbina hidraulică pe arborele aparatului. În timpul rotirii pompei, uleiul, care are o anumită presiune şi o anumită viteză, intră în turbină. Curgînd prin canalele turbinei, uleiul exercită o acţiune şi o forţează să se învîrtească, iar împreună cu ea se învîrteşte şi aparatul. Turaţia turbinei este în funcţie de cantitatea de ulei care circulă în instalaţie. Prin urmare, variind cantitatea de ulei în cuplajul hidraulic, se poate modifica într-o mare măsură turaţia turbinei şi a aparatului. Umplerea cuplajului hidraulic cu ulei se asigură printr-o pompă cu roţi dinţate. Pentru a răci uleiul în circulaţie trebuie să se instaleze un răcitor, care absoarbe puterea auxiliară pentru alimentarea cu lichid de răcire.

Randamentul unui cuplaj bine echilibrat este :

$$\eta = n_2 : n_1 = Q_2 : Q_1 ; \qquad \text{(IV.111)}$$

n_1, n_2 = turaţia motorului (n_1 = const), respectiv a aparatului ;

Q_1, Q_2 = debitele aparatului înainte şi după reglare.

Din punctul de vedere al puterii, randamentul cuplajului hidraulic se verifică astfel :

$$\eta = P_2 : P_1 ; \qquad \text{(IV.112)}$$

P_1, P_2 = puterea la arborele cuplajului respectiv, la arborele motorului.

Pierderea de putere la reglarea prin cuplaj hidraulic este aproximativ aceeaşi ca şi la reglarea prin reostat montat în circuitul rotorului unui motor electric. Instalarea unui reostat costă însă mai puţin decît montarea unui cuplaj hidraulic.

În ceea ce priveşte modificarea turaţiei unui aparat se dă următorul exemplu : Se admite că trebuie să se determine o nouă turaţie a aparatului numită n_2, care să corespundă parametrilor solicitaţi (punctul M din fig. IV.8). Curba caracteristică a aparatului pentru turaţia n_1 este cunoscută (ca fiind cea după care lucrează aparatul). Abscisa OK a punctului M caracterizează debitul pe care trebuie să-l asigure aparatul conform noilor

cerințe. Se duce prin punctul M și prin originea axelor de coordonate parabola OM determinată de ecuația:

$$H_{st} = \varphi Q^2; \ \varphi = \frac{MK}{OK^2}. \qquad \text{(IV.113) (IV.114)}$$

Această parabolă întretaie curba caracteristică în punctul C. Deoarece pentru punctele C și M, ca puncte de pe aceeași curbă caracteristică a rețelei, înlocuită prin același ajutaj echivalent, debitele sînt proporționale cu turația aparatului, reiese că, dacă din punctul C ducem o perpendiculară pe axa absciselor pînă în punctul D, se poate obține debitul aparatului la turația n_1 pentru care este valabilă curba caracteristică.

Astfel, noua turație n_2 este:

$$n_2 = \frac{\overline{OK}}{\overline{OD}} \cdot n_1. \qquad \text{(IV.115)}$$

Deoarece presiunea produsă de aparat la aceeași rețea este proporțională cu pătratul turației, noua turație este:

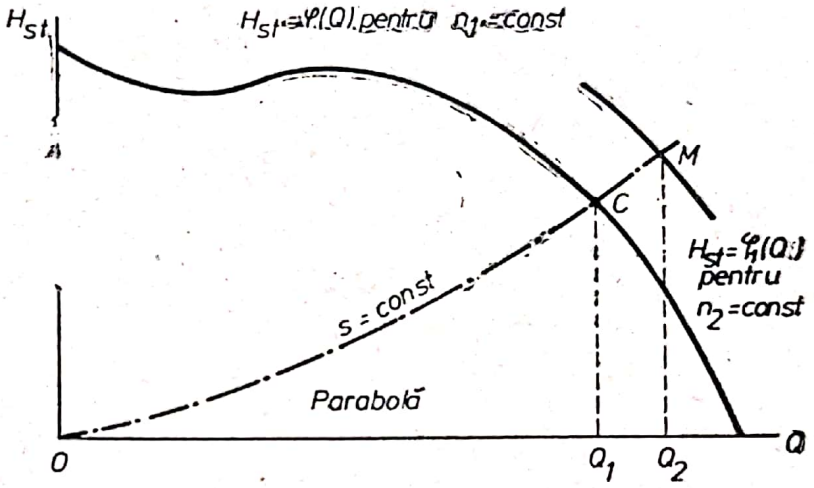


Fig. IV.8.
Trecerea de la o turație la alta.

$$n_2 = n_1 \sqrt{\overline{MK} : \overline{CD}}. \qquad \text{(IV.116)}$$

Un alt exemplu care se poate întîlni în exploatare este următorul. Aparatul trebuie să deservească o instalație cu un debit foarte mare și dacă va fi necesar să treacă la o nouă turație care să satisfacă noii parametri de funcționare. Pentru rezolvarea acestei probleme se poate folosi fig. IV.9. Curba caracteristică a unei astfel de rețele va fi o dreaptă paralelă cu axa absciselor. Ducînd prin punctul M parabola OM pînă la întretăierea cu curba caracteristică a aparatului în punctul C se obține $\overline{OK}$ și $\overline{OD}$.

Noua turație a aparatului este:

$$n_2 = n_1 \ (\overline{OK} : \overline{OD}). \qquad \text{(IV.117)}$$

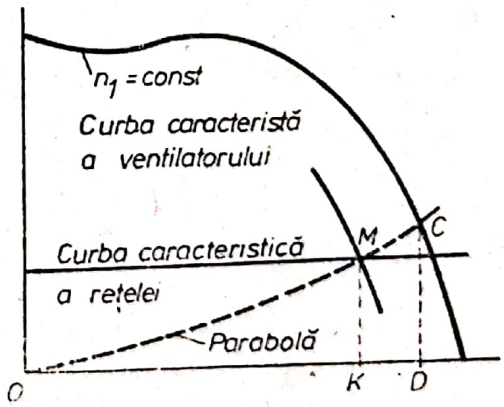


Fig. IV.9.
Trecerea de la o turație la alta pentru un ventilator care funcționează într-o rețea cu debit mare.

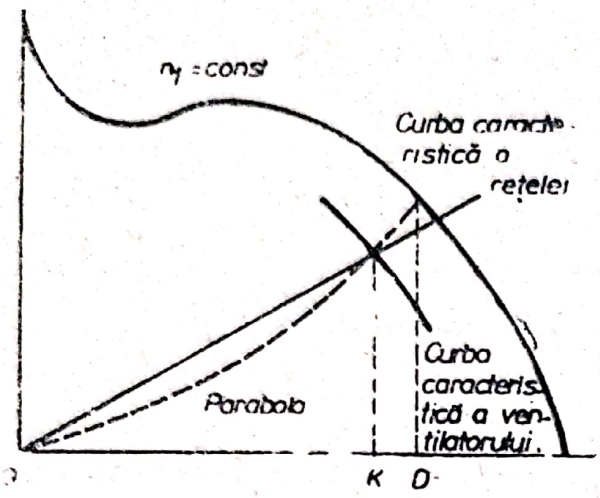


Fig. IV.10.
Trecerea de la o turație la alta pentru un ventilator care funcționează la o rețea cu filtre.

Un alt exemplu de curbă caracteristică a rețelei, care nu mai este o parabolă, se obține de la o rețea de filtre. Curba caracteristică a unei astfel de rețele (v. fig. IV.10), reprezintă o dreaptă care pornește din originea axelor de coordonate din această figură. Pentru a trece la un nou regim de funcționare a aparatului racordat la rețea, noua turație se poate afla ca și în cazurile anterioare. Fenomenul de tiraj natural la instalațiile de cazane are de asemenea influențe asupra funcționării ventilelor deoarece el poate împiedica sau ușura această funcționare.

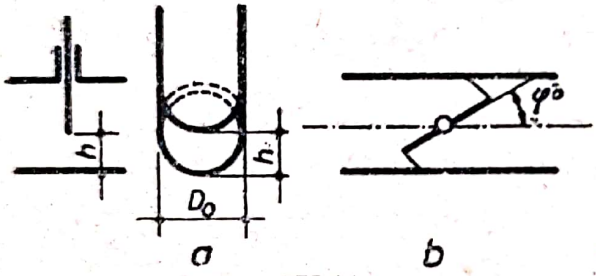


Fig. IV.11.
Schema dispozitivelor de obturare: a — vană; b — clapetă.

a 2. **Reglarea prin obturare.** Această reglare se efectuează prin instalarea unui robinet, a unei vane sau a unei clapete (fig. IV.11). Cantitatea cea mai mare de fluid de epurat o debitează în rețea un aparat cu obturatorul complet deschis, iar reglarea este posibilă numai în sensul micșorării debitului.

Pierderea de presiune in timpul trecerii fluidului prin obturare se verifică cu relația:

$$h_{obt} = \zeta_{obt}\, Q^2\, \rho; \qquad \text{(IV.118)}$$

Q = debitul care trece prin obturator [m³/s];
ζ_{obt} = coeficientul a cărui valoare numerică este în funcție de gradul de deschidere a obturatorului. La o anumită deschidere a obturatorului acesta devine constant pentru toate randamentele.

Mărimea pierderii se reprezintă grafic printr-o parabolă pătrată care trece prin originea coordonatelor. Pentru fiecare deschidere a obturatorului se poate construi o parabolă corespunzătoare. Aceste parabole se numesc *curbe de obturare*. Fiecare din ele poate fi privită ca o caracteristică a obturatorului la o deschidere dată.

Scanned with OKEN Scanner

În fig. IV.12 sînt date cîteva parabole pentru anumite deschideri ale unui obturator:

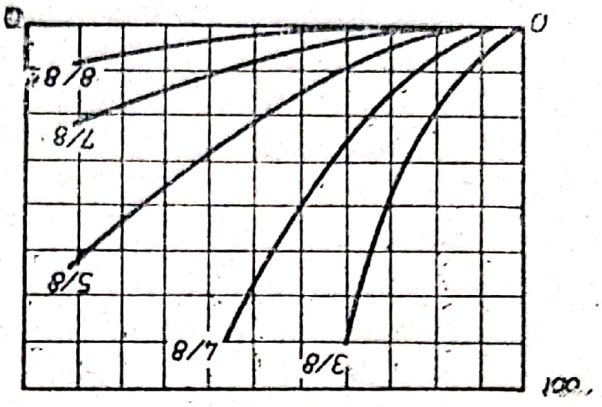


Fig. IV.12.
Curbe de obturare.

1) *Reglarea cu obturator la refulare.* Montarea unui obturator la refulare nu influențează cinematica curentului într-un aparat și de aceea caracteristica acestuia rămîne neschimbată. Obturatorul montat la refulare mărește doar pierderile în rețea.

Dacă obturatorul este complet deschis, caracteristicile aparatului și ale rețelei se taie în punctul A (fig. IV.13). Debitul maxim al aparatului este în acest caz egal cu Q_A, iar creșterea presiunii cu H_A. Presupunem că vrem să asigurăm în rețea regimul $Q_B - H_B$.

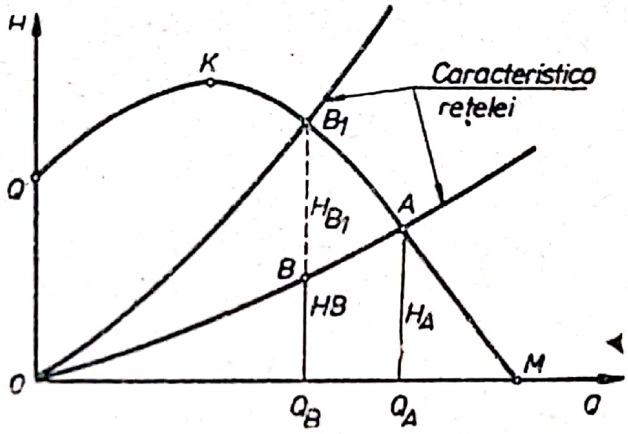


Fig. IV.13.
Reglarea unui aparat cu obturator la refulare.

Obturînd treptat secțiunea țevii se măresc pierderile în ea, ceea ce este echivalent cu deplasarea punctului activ pe racteristica aparatului. Se ține obturatorul închis pînă cînd punctul activ ajunge în B_1, aparatul asigură debitul în rețea Q_B, dar la o pierdere de presiune în rețea egală cu H_B (fig. IV.13).

La trecerea debitului de fluid Q_B în rețea cu obturatorul complet deschis se consumă H_B. Astfel rezultă:

Pierderea de presiune în obturator:

$$h_{ob} = H_{B1} - H_B.$$

Pierderea corespunzătoare de putere:

$$P_{ob} = \frac{Q_B(H_{B1} - H_B)}{102\,\eta}; \qquad \text{(IV.119)}$$

η este randamentul aparatului în regimul $Q_B - H_{B1}$.

Puterea necesară pentru acționarea aparatului la deplasarea punctului din A în B_1 se micșorează. Dar, deoarece pierderile în obturator sînt mari, economia obținută prin reglare este mică.

Scanned with OKEN Scanner

Randamentul reglării poate fi verificat astfel:

$$\eta_{ob} = \eta \frac{H_{B1} - H_B}{H_{B1}} = \eta\left(1 - \frac{\overline{B_1B}}{H_{B1}}\right). \qquad \text{(IV.120)}$$

2) *Reglarea cu obturator la aspirație.* Obturatorul poate fi instalat, de asemenea, la racordul de aspirație al unui aparat, dar și în cazul acesta pierderile în obturator sînt mari. Totuși, reglarea cu obturatorul la aspirație prezintă unele avantaje în comparație cu reglarea la refulare.

Din cauza pierderilor de presiune la trecerea curentului prin obturator, presiunea și greutatea specifică înaintea obturatorului sînt mai mari decît după el. De aceea, la același debit volumetric al aparatului, creșterea presiunii este mai mare cînd obturatorul este complet deschis, decît atunci cînd el este deschis parțial. La un debit volumetric oarecare și la un obturator complet deschis, creșterea presiunii $H = \gamma H'$ [mm H_2O], H' fiind creșterea presiunii [mm coloană gaz]. Creșterea presiunii la un debit volumetric și o turație a aparatului constante, nu se schimbă. Odată cu închiderea treptată a obturatorului se micșorează greutatea volumetrică a fluidului și prin urmare se micșorează creșterea presiunii. Reprezentînd grafic aceste fenomene din fig. IV.14 se poate constata: cu obturatorul deschis în diferite poziții și debitul Q_1 constant, creșterea presiunii în aparat, luînd în considerație pierderile în obturator, se determină prin punctele a_1, b_1, c_1 etc. La debitul Q_2 prin punctele a_2, b_2, c_2 etc., iar la debitul Q_3 prin punctele a_3, b_3, c_3 etc. Unind prin linii continue punctele a_1, a_2, a_3..., punctele b_1, b_2, b_3... corespunzătoare aceleiași deschideri a obturatorului, se obține un grup de caracteristici ale aparatului, fiecare din ele corespunzînd unei anumite poziții a obturatorului în rețea. Aceste caracteristici se numesc *„caracteristici de obturator"*. Toate caracteristicile de obturator obținute în acest mod, au un punct comun pe axa ordonatelor.

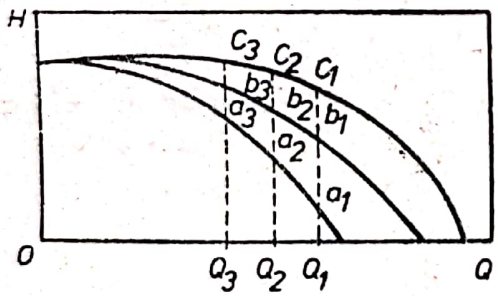


Fig. IV.14.
Caracteristici de obturator la diferite deschideri ale obturatorului.

La reglarea unui aparat cu un obturator instalat la aspirație scade caracteristica aparatului. Rezultă o pierdere de presiune mai mică decît atunci cînd reglarea se face cu obturatorul la refulare.

Scanned with OKEN Scanner

Puterea absorbită de aparat este proporţională cu greutatea specifică. Fiecărei poziţii a obturatorului îi corespunde deci o anumită curbă Q—P. Fireşte că pierderea de putere la reglarea cu obturatorul la aspiraţie este mai mică decît în cazul cînd reglarea se face la refulare.

Variaţiile randamentului în reglarea cu obturator sînt arătate în fig. IV.15.

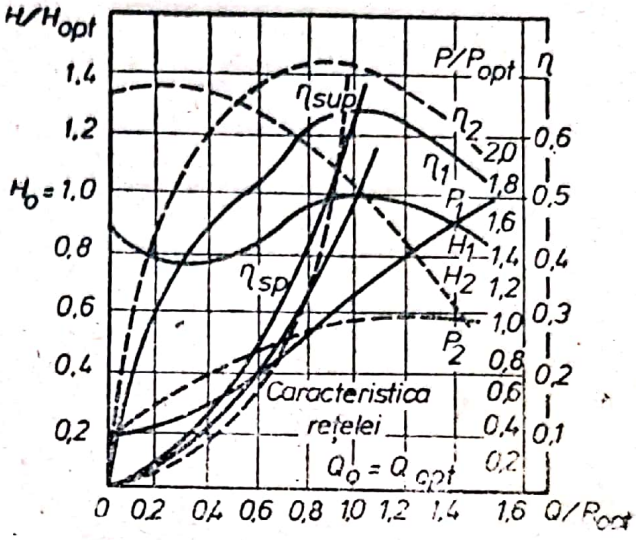


Fig. IV.15.
Variaţia randamentului la reglarea cu obturator.
Indicele 1 se referă la un aparat cu $\beta_2 > 90°$, iar indicele 2 la unul cu $\beta_2 < 90°$.

a 3. **Reglarea cu dispozitivul director.** Pe măsura creşterii mărimii instalaţiilor de epurare, o dezvoltare tot mai largă are reglarea cu dispozitivul director cu palete mobile montate la partea de aspiraţie a aparatelor de antrenare a fluidului de epurat.

Principiul de funcţionare a unui astfel de dispozitiv constă în faptul că la rotirea paletelor dispozitivului director curentul deviază de la direcţia lui şi, din această cauză, apare o componentă a vitezei absolute la intrarea în canalele rotorului sau se schimbă mărimea şi durata ei. Deviind curentul în direcţia de rotire, se poate mări valoarea numerică a acestei componente. Mărind valoarea acesteia, se reduce creşterea presiunii în aparat şi puterea absorbită. Reglarea cu palete turnante montate la aspiraţie este cea mai raţională şi mai economică soluţie, dacă micşorarea presiunii necesare se poate obţine la mici schimbări ale acestei componente, adică la unghiuri mici de rotire a paletelor. Din practica de exploatare s-a constatat că pentru raportul $D_1/D_2 \geqq 0{,}5$ întrebuinţarea unui dispozitiv director dă o economie apreciabilă a puterii absorbite în comparaţie cu reglarea efectuată cu un obturator.

După felul cum influenţează modificarea caracteristicii aparatului, reglarea cu dispozitivul director trebuie considerată ca tip de reglare mixt. Efectul de reglare este însoţit de o micşorare a presiunii şi a greutăţii specifice a fluidului de epurat. De aceea, creşterea presiunii în aparat se reduce nu numai din cauza micşorării cantităţii de energie transmisă curentului, dar şi din cauza micşorării greutăţii specifice a fluidului.

Dar dacă forma dispozitivului director este regulată şi unghiul de rotire al paletelor nu este prea mare, scăderea presiunii

Scanned with OKEN Scanner

datorită obturării fluidului de epurat este mică și nu prezintă o mare importanță.

Se cunosc mai multe **tipuri de aparate directoare** și în continuare se vor enumera cele mai uzuale din acestea și anume: ● *dispozitivul axial cu mai multe palete*; ● *dispozitivul axial cu două palete* (L. A. Rihter); ● *dispozitivul director radial*; ● *dispozitivul director simplificat* (A. G. Bîcikov).

M. I. Nevelson a stabilit că **raportul dintre puterea absorbită de un aparat prevăzut cu un aparat director și puterea absorbită de același aparat, fără acest dispozitiv,** este dat de relația:

$$i_p \approx 1 - k\,\overline{D_1}\frac{v_0}{v_{2u}}tg\,\alpha; \qquad \text{(IV.121)}$$

$\overline{D_1} = D_{1med}/D_2$ = raportul dintre diametrul la intrarea în canalele rotorului și diametrul exterior al rotorului;

k = coeficientul a cărui mărime este în funcție de parametrii geometrici ai dispozitivului director; el are aceeași valoare pentru toate dispozitivele de un anumit tip. Pentru aparate axiale $k = D_{med}/D_1$, iar pentru aparate cu dispozitivul director simplificat (A. G. Bîcikov) $k = A_o/A_{cam}$; D_{med} este diametrul mediu al dispozitivului director în partea de intrare în rotor, A_o — secțiunea de intrare în rotor, iar A_{cam} — suprafața secțiunii transversale a camerei de intrare.

1) *Dispozitivul director axial cu mai multe palete.* Acest dispozitiv constă dintr-un inel sau un niplu, în interiorul căruia sînt așezate radial palete fixate de peretele inelului și de o piesă centrală. Paletele dispozitivului se aseamănă foarte mult cu paletele unui ventilator axial. Ele se pot roti în jurul axei lor (fig. IV. 16). La aparatele de mare putere trebuie să se utilizeze palete

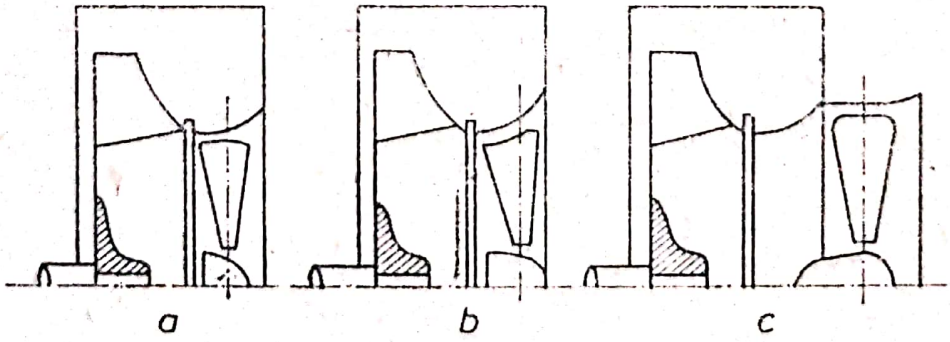


Fig. IV.16. Așezarea dispozitivului de conducere axial la intrare.

profilate. La instalațiile mai mici pot fi admise și palete executate din tablă de oțel cu grosimea de 5—7 mm. În asemenea cazuri muchia de intrare trebuie rotunjită, iar cea de ieșire ascuțită (fig. IV.17). Dispozitivul director axial se instalează fie la intrarea în aparat, fie la o oarecare distanță de el. El poate fi montat în toate cazurile, atît cînd intrarea în aparat este liberă, cît și atunci cînd există conductă de aspirație sau cameră de aspirație. Numărul de palete și lățimea lor sînt determinate atît de condiția ca, la unghiul de rotire maxim, ele să se atingă una de alta și să închidă total intrarea în aparat.

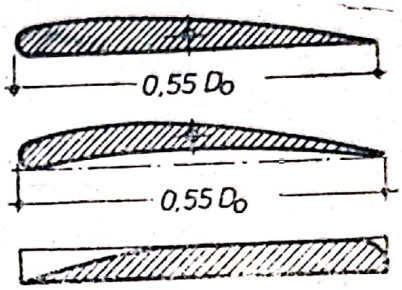


Fig. IV.17.
Tipuri de palete utilizate la dispozitive de la aparatele de conducere axiale.

Din rezultatele obținute în urma cercetărilor și din exploatare au rezultat următoarele concluzii: ● *schimbarea numărului de palete ale dispozitivului în limitele a 6—12 buc. nu se reflectă practic asupra caracteristicilor de reglare;* ● *paletele cu profile diferite, cu muchii rotunjite la intrare și ascuțite la ieșire, determină aproximativ aceeași pierdere de putere la aceeași scădere a debitului;* ● *mărirea distanței axiale între dispozitivul director și rotor nu influențează caracteristica de reglare.*

Existența camerei de intrare provoacă o oarecare deviere a curentului în direcția de rotire. Dacă paletele directoare sînt instalate în camera de intrare, ele pot provoca devierea curentului în sens invers, cînd unghiurile de rotire sînt mici. Datorită acestui fapt caracteristica de reglare se poate ridica mai sus decît caracteristica aparatului la regim normal.

Sensul de rotire a paletelor dispozitivului trebuie astfel ales încît muchiile lor din spate să se deplaseze în direcția de rotire a rotorului.

2) *Dispozitivul director cu palete radiale.* Acest dispozitiv este format din două inele între care sînt instalate la distanțe egale palete profilate. Aceste dispozitive se instalează la intrarea liberă în aparat. Dacă există o conductă de aspirație, trebuie să se prevadă o cameră de aspirație, în care să se așeze acest dispozitiv. În acest caz camera trebuie să fie făcută în formă de manta spirală. La intrarea liberă în ventilator, paletele dispozitivului director se execută drepte, cu profil dublu convex. Pungile spirale deviază curentul înainte de intrarea acestuia în aparat. De aceea dispozitivele din camerele spirale au palete curbate cu profil

Scanned with OKEN Scanner

convex-concav. Alegerea numărului de palete se face la fel ca și pentru dispozitivul director axial.

Lățimea dispozitivului trebuie să fie astfel încît secțiunea de intrare în dispozitivul de conducere să fie $\approx 30\%$ mai mare decît secțiunea de intrare în rotor.

Pierderile de curgere a curentului prin dispozitivul director se pot verifica cu relația:

$$h_{na} = \zeta_{na} \rho \frac{v_0^2}{2}. \qquad \text{(IV.122)}$$

Pentru ζ_{na} se recomandă următoarele valori:
— la o deviere lină în rotor 0,3;
— cînd pîlniile conice nu ies afară 0,6—0,7;
— cînd racordurile cilindrice nu ies afară 1,5.
Micșorînd lățimea paletelor, pierderile cresc.

În figurile IV.18 și IV.19 este arătată schematic forma unui astfel de dispozitiv și modul de instalare.

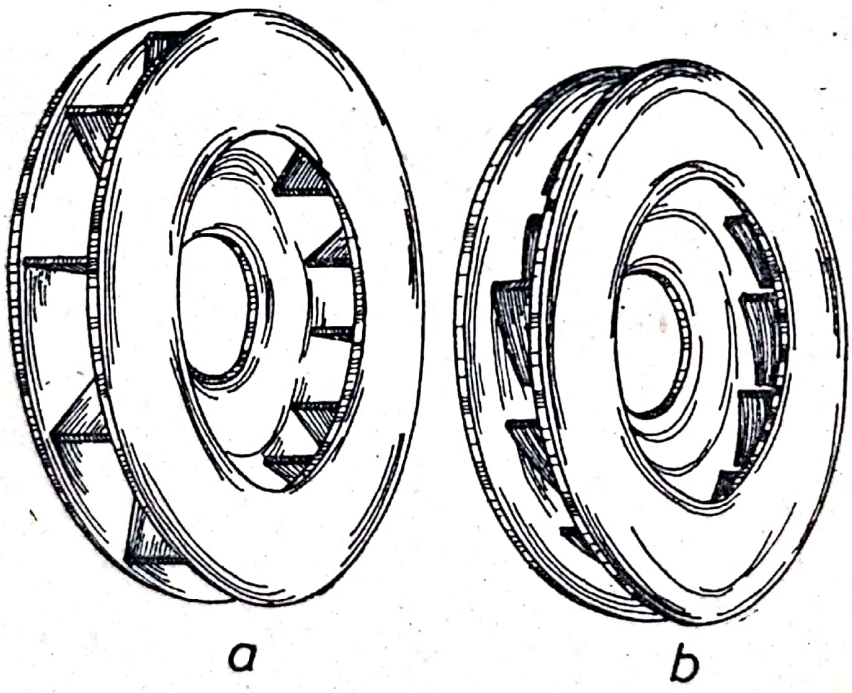


Fig. IV. 18. **Dispozitiv director cu palete radiale.**

3) *Dispozitivul director simplificat.* Acest dispozitiv constă dintr-un mecanism director axial cu două palete. Axul unei palete trece prin interiorul axului celei de a doua palete. Deoarece

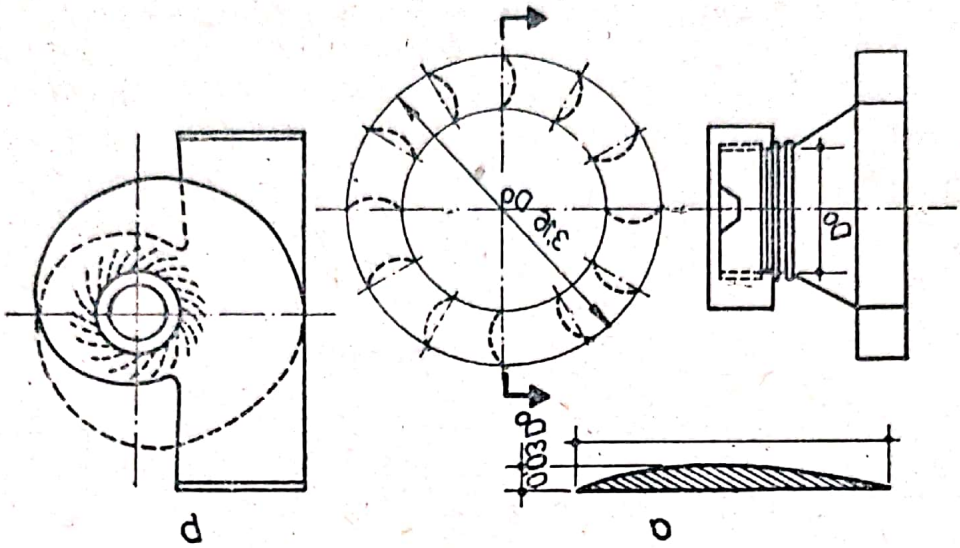


Fig. IV. 19. **Schemă de instalare a dispozitivului director radial: a ; b — fără și cu cameră spirală la intrarea în aparat.**

dispozitivul are numai două palete a permis să se obțină o construcție simplă și ieftină pentru curbarea lor. Deși aceste dispozitive directoare sînt mai puțin eficace decît cele axiale cu mai multe palete, totuși în comparație cu reglarea cu un obturator ,dispozitivul director axial simplificat este mult mai economic. În fig. IV.20 este dat un grafic care permite această comparație.

Cîștigul de putere obținut cu un astfel de dispozitiv (fig. IV 21) se poate verifica cu relația:

$$\overline{\Delta P} = \frac{P_{ob} - P}{P_{ob}} \cdot 100 \; ; \qquad \text{(IV.123)}$$

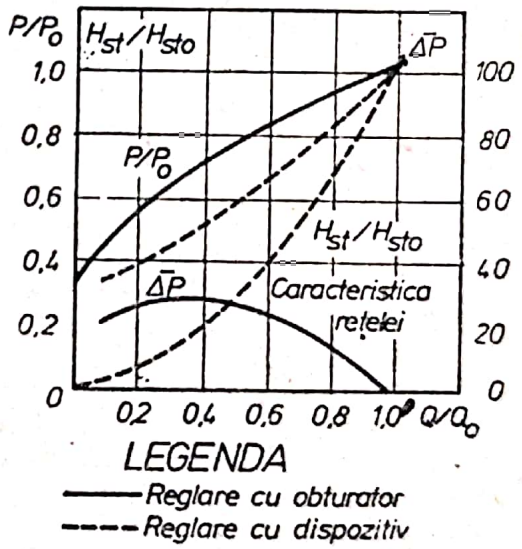


Fig. IV.20.
Q, H și P corespund randamentului maxim.

P_{ob} = puterea absorbită de aparat la reglarea cu obturator ; P = puterea absorbită de aparat la reglarea cu dispozitiv simplificat.

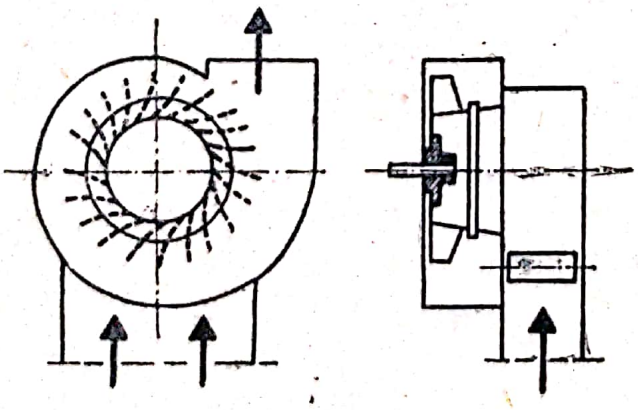


Fig. IV.21.
Dispozitiv de conducere radial simplificat.

a 4. **Influența unghiului β_2 asupra economiei reglării.**

În figurile IV.15 și IV.22 sînt date curbele de reglare ale unor aparate cu $\beta_2 < 90°$ și $\beta_2 > 90°$, în funcție de tipul paletelor și dă o imagine asupra procesului de reglare în funcție de aceste palete.

Notațiile folosite sînt:

Q, H = debitul și presiunea variabilă a aparatului;

Q_0, H_0 = debitul și presiunea corespunzătoare randamentului maxim;

P = puterea absorbită la Q dat și tipul de reglare dat;

P_0 = puterea absorbită la Q dat și tipul de reglare la debitul nominal Q_0 la reglare cu obturator;

$\eta_{ob} = \eta \frac{H - H_{ob}}{H}$ = randamentul obturatorului care stabilește prin calcul scăderea randamentului η al aparatului în timpul funcționării fără obturator și la presiunea H.

Analizînd datele din figurile IV.15 și IV.22 rezultă:

1) *Curba puterii* (fig. IV.15) *este mult mai înclinată pentru paletele curbate înainte decît pentru cele curbate înapoi.* Astfel, odată cu micșorarea debitului aparatului, puterea scade mai repede cînd paletele sînt curbate înainte, decît în cazul în care ele sînt curbate înapoi.

2) *La micșorarea debitului $Q = 0{,}87\ Q_0$* (fig. IV.15), *curba η_2 este mai înclinată decît curba η_1, iar pentru $Q \leqslant 0{,}87\ Q_0$, η_2 este mai puțin înclinată decît η_1.* Astfel, reglarea cu obturator la aspirație pînă la valorile $Q = 0{,}87\ Q_0$ este mai indicată din punct de vedere economic pentru paletele curbate înapoi.

La o reglare mai profundă, cu obturatorul la aspirație, cea mai mică pierdere de putere se produce atunci cînd clapetele sînt curbate înainte.

3) *Puterea absorbită și randamentul sînt similare pentru ambele cazuri* ($\beta_2 < 90°$; $\beta_2 > 90°$; (fig. IV. 22), *la valoarea de reglare $Q/Q_0 = 0{,}8$ cu dispozitiv axial, și $Q/Q_0 = 0{,}75$ cu dispozitiv simplificat.* Pentru valori de reglare mai mici este mai economic aparatul cu palete curbate înapoi. Pentru raporturi Q/Q_0 mai mici decît cele arătate este mai indicat din punct de vedere economic aparatul cu palete curbate înainte.

a 5. **Reglarea combinată.** Practica exploatării a arătat că într-o serie de cazuri poate fi indicată utilizarea unei reglări combinate.

În cazurile în care există la dispoziție un motor electric cu două turații, se poate adopta o reglare combinată, schimbarea tu-

Scanned with OKEN Scanner

turației și obturarea, sau schimbarea turației și utilizarea unui dispozitiv de reglare.

Dacă motorul electric funcționează la turația maximă, reglarea se efectuează cu un obturator sau cu un dispozitiv director tot timpul, pînă cînd regimul aparatului atinge valoarea care se poate obține cu turația inferioară a motorului. Atunci motorul este trecut la turația inferioară, iar mecanismul de reglare este deconectat. Reducerea continuă a presiunii se efectuează din nou cu un mecanism de reglare.

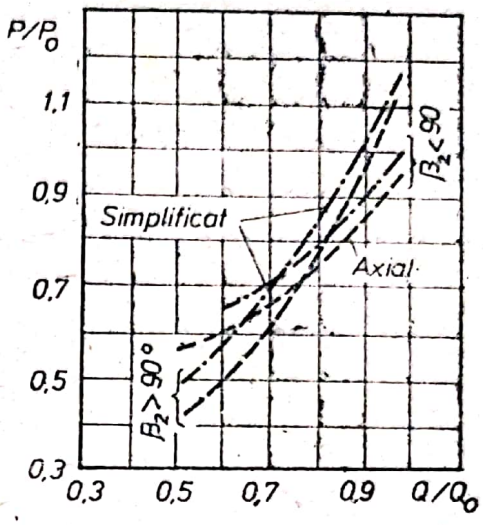


Fig. IV.22.
Compararea rezultatelor reglării unor aparate.

Cele mai bune rezultate se obțin la reglarea cu un dispozitiv de reglare, mai ales în cazul în care adîncimea de reglare variază în limitele $Q/Q_0 = 1 \ldots 0{,}7$.

În fig. IV.23 sînt arătate rezultatele obținute cu o reglare combinată cu diferite dispozitive.

Întrucît evoluția industrială a crescut simțitor în ceea ce privește volumul instalațiilor productive și această tendință se va menține și în viitor, în mod obligatoriu și instalațiile de epurare trebuie fortuit să urmeze aceeași cale, solicitînd aparate de antrenare a fluidelor de epurat (ventilatoare, aspiratoare de fum, exhaustoare etc.) din ce în ce mai mari. Datorită acestui fapt, în urma analizelor economice făcute pe diferite instalații în funcțiune, s-a ajuns la concluzia că în anumite cazuri este recomandabilă montarea de astfel de aparate în paralel. Avînd în vedere că și în aceste cazuri în timpul exploatării sînt necesare reglări, în continuare se vor da indicații și asupra acestora.

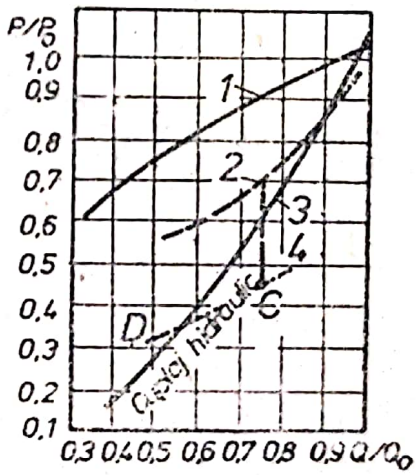


Fig. IV.23.

Reglarea combinată: 1 — obturator: 2 — dispozitiv axial cu n = 960 rot/min; 3 — cuplaj hidraulic; 4 — dipozitiv axial cu n = 735 rot/min.

b. **Reglarea interstițiului.** La rotoare cu dimensiuni mai mari jocul de 5 mm poate fi menținut în modul următor. În dispozitivul de fixare imobil se așază un bec de acetilenă, iar rotorul, pre-

gătit cu un adaos în lățime pentru tăietură, se așază împreună cu arborele în lagăre. Rotind încet rotorul în jurul becului de acetilenă, se ajustează lățimea rotorului pînă la dimensiunea necesară, tăindu-se adaosul de pe colțarul care încadrează intrarea în rotor. În acest caz se obține un rotor la care bătaia în planul de rotație este complet înlăturată, ceea ce permite menținerea unui interstițiu de maximum 5 mm. Rotorul trebuie rotit în timpul tăierii, apăsînd arborele spre una din laturile lagărului axial. Funcționarea sigură depinde și de calitatea echilibrării (v. în continuare), deoarece rotorul în mișcarea de rotație nu va solicita lagărele, atunci cînd axa de rotație coincide cu una din axele de inerție principale. Satisfacerea acestei condiții este însă foarte dificilă, întrucît în procesul de execuție este întotdeauna posibil să se denatureze dimensiunile geometrice și să se distribuie neuniform masele în rotație în raport cu axa de rotație, dacă nu din alte motive, atunci cel puțin din cauza neomogenității metalului.

Cît de importantă este echilibrarea se poate vedea din următorul exemplu: dacă pe un rotor care se învîrtește cu 1 460 rot/min se așază la o distanță de 0,75 m de la axa de rotație o masă de 0,50 kg, forța centrifugă care provoacă vibrațiile va fi de 890 kgf. În exploatare se întîlnesc deseori cazuri cînd apar dezechilibrări ale rotoarelor ventilatoarelor. În asemenea cazuri funcțio-

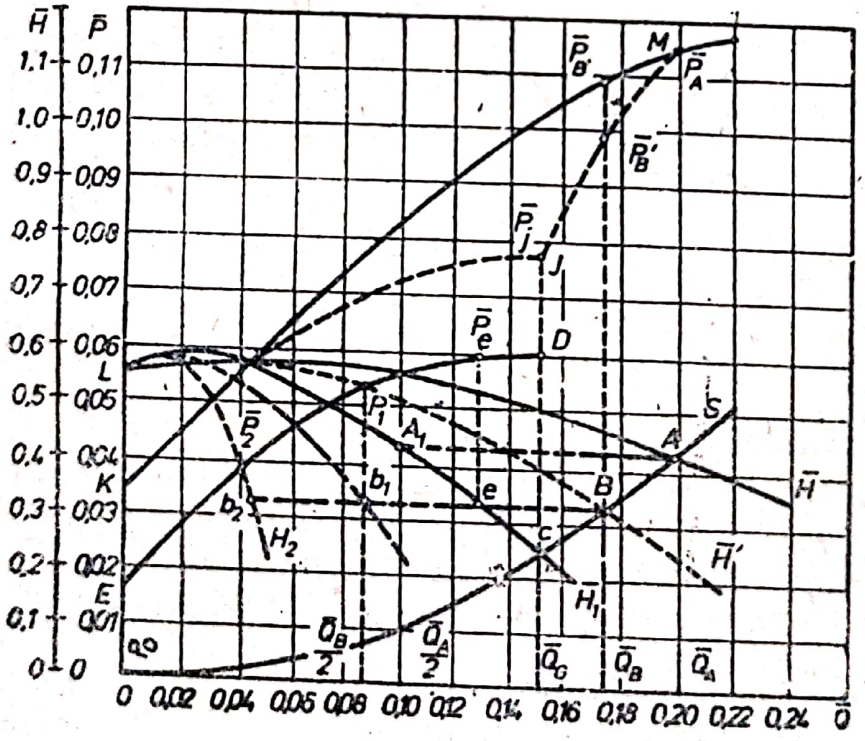


Fig. IV.24. **Reglarea în timpul funcționării în paralel a două aparate cu caracteristicile similare.**

narea dezechilibrată în continuare aduce mari neajunsuri mergînd pînă la scoaterea din serviciu a aparatului. Va trebui deci făcută reechilibrarea procedîndu-se ca în continuare.

c. **Reglarea în cazul funcționării în paralel a aparatelor de antrenare.** Această reglare se poate efectua prin **două metode** și anume : ● *micșorînd debitul fiecărui aparat în același timp, adică reglare paralelă ;* ● *micșorînd debitul aparatelor în serie, unul după altul, adică reglare în serie.*

Practica exploatării a arătat și aici că reglarea este în funcție de modul de curbare a paletelor. Astfel :

1) *Cazul paletelor curbate înapoi.* Pentru a se înțelege mai bine cum trebuie procedat în acest caz, se dă fig. IV.24. Reglarea a fost făcută cu obturator.

Curbele din figură au următoarea semnificație :

LC = caracteristica de presiune a aparatului cu obturatorul complet deschis ;

LA = caracteristica de presiune totală cu obturatorul complet deschis ;

Lb_1 = caracteristica de presiune a unuia dintre aparate la reglare paralelă ;

LB = caracteristica de presiune totală la reglare paralelă ;

Lb_2 = caracteristica de presiune a unuia din aparatele la reglare în serie ;

ED = curba de putere a fiecărui aparat cu obturatorul complet deschis ;

KM = caracteristica totală a puterii cînd obturatoarele sînt complet deschise ;

KJM = curba de putere cînd aparatul este reglat succesiv.

Pentru obținerea rezultatelor din fig. IV.24 s-au ales două aparate cu caracteristici similare. Cu obturatorul deschis total și caracteristica rețelei QS, punctul A este un punct activ. Debitul de fluid din rețea a fost $\overline{Q_A}$, iar randamentul fiecărui aparat $\overline{Q_A/2}$. S-a admis că trebuie să se asigure un debit în rețea $\overline{Q_B}$. În acest scop, printr-o obturare identică a ambelor aparate, caracteristica fiecărui aparat se mută pe Lb_1, iar caracteristica totală pe LB. Acum debitul de fluid în rețea este $\overline{Q_B}$, fiecare aparat debitînd $\overline{Q_B/2}$. Pentru debitul de fluid $\overline{Q_A}$ în rețea puterea totală a fost $\overline{P_A}$, iar puterea fiecărui aparat $\overline{P_A/2}$; la un debit de fluid de epurat $\overline{Q_B/2}$, în rețea puterea totală a fost P_B, iar puterea fiecărui aparat $\overline{P_B/2}$.

Debitul din rețea $\overline{Q_B}$ s-a putut obține și reglînd numai un singur aparat, obturîndu-se celelalte aparate astfel încît caracteristica lui să se deplaseze în LB_2. În acest caz celălalt aparat a debitat în rețea $\overline{Q_{b2}}$ de fluid de epurat, iar cel reglat $\overline{Q_B}$

Debitul total în rețea a fost:

$$\overline{Q}_B = \overline{Q}_e + \overline{Q}_{b1}. \qquad \text{(IV.124)}$$

La debitul în rețea $\overline{Q}_B$ de fluid, primul aparat a absorbit puterea $\overline{P}_2$, iar al doilea $\overline{P}_e$.

Puterea totală este:

$$\overline{P}'_B = \overline{P}_e + \overline{P}_2 < \overline{P}_B. \qquad \text{(IV.125)}$$

Rezultatele practice au arătat că dacă aparatele funcționează în paralel, reglarea în serie este mult mai rațională din punct de vedere economic decît cea în paralel.

2) *Cazul paletelor curbate înainte.* Aspectul obținut la reglarea în paralel și în serie a două aparate cu caracteristici similare și $B_2 > 90°$, în acest caz, este arătat în fig. IV.25.

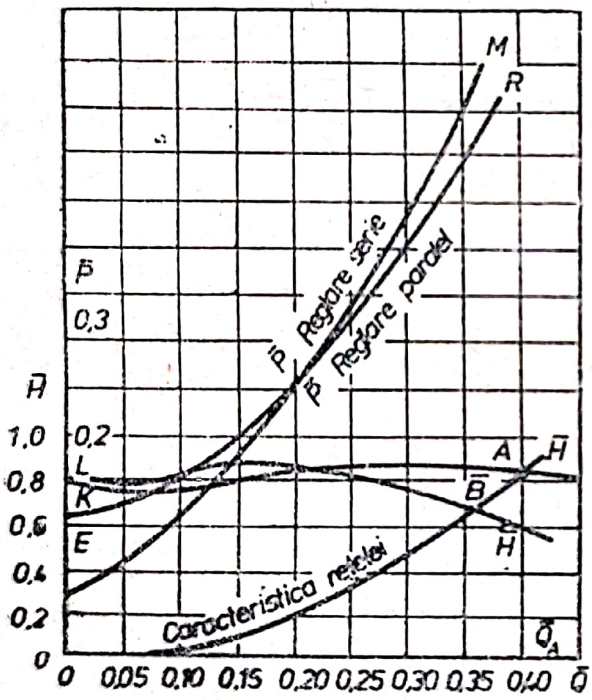


Fig. IV.25.
Comparație între reglarea paralelă în serie a două aparate cu caracteristici similare.

Curbele din figură au următoarea semnificație:

LB = caracteristica fără dimensiuni $\overline{Q} - \overline{H}$ a aparatului;

LA = caracteristica totală $\overline{Q} - \overline{H}$;

KR = curba puterii de reglare în paralel;

EM = curba puterii de reglare în serie.

Construirea caracteristicii însumate $\overline{Q} - \overline{H}$ și a curbelor de putere s-a făcut ca și la cazul precedent (paletele curbate înapoi).

Din această figură rezultă că la o valoare de reglare de ≈ 55% este mai economică reglarea paralelă, iar la o valoare de reglare < 55%, reglarea în serie.

IV.5. ECHILIBRAREA APARATELOR

În timpul exploatării, datorită considerentelor arătate mai înainte (variație de debit, de conținut de impurități, variația struc-

turii impurităţilor etc.) aparatele de vehiculare a fluidului de epurat sînt foarte des susceptibile de a se dezechilibra, aceasta fiind frecventă acolo unde fluidul (gazele, aerul) conţin cantităţi importante de produse solide (cenuşă zburătoare la centralele termoelectrice, praf de ciment la fabricile de ciment, praf de la cuptoarele metalurgice etc.).

Supravegherea echilibrajului trebuie făcută continuu în timpul exploatării şi corectată la timp.

Echilibrarea rotorului. Un rotor bine calculat este atunci cînd în mişcarea de rotaţie nu solicită lagărele şi cînd axa lui de rotaţie coincide cu una din axele de inerţie principale. Forţele care iau naştere în cazul unui dezechilibraj devin foarte mari în cazul funcţionării.

Echilibrarea se poate face în două moduri:

1) *Echilibrarea statică.* Pentru a se efectua această operaţie se va proceda astfel: se aşază rotorul împreună cu arborele pe două prisme paralele şi perfect orizontale. Se rostogoleşte rotorul pe prisme, pînă cînd centrul său de greutate va ocupa partea cea mai joasă. Partea inferioară a rotorului, care este cea mai grea, se găureşte, sau partea mai uşoară (partea superioară a rotorului aflat în echilibru pe prisme) se încarcă prin sudură cu greutatea necesară. Se procedează aşa pînă cînd rotorul rămîne în echilibru pe prisme în orice poziţie.

2) *Echilibrarea dinamică.* La acest caz, chiar dacă centrul de greutate al rotorului în mişcare de rotaţie va coincide exact cu axa de rotaţie, încă nu este sigur că rotorul se va învîrti întotdeauna uniform. Aceasta se explică prin faptul că un rotor echilibrat static poate avea o astfel de distribuire a maselor încît în rotaţie să ia naştere forţe de vibraţie. Pentru a se înţelege mai bine fenomenul, se consideră un rotor tăiat în două părţi de un plan perpendicular pe axa de rotaţie. Dacă centrul de greutate al fiecărei părţi se află pe axa de rotaţie, nu se vor produce vibraţii. Dacă însă centrul de greutate al fiecărei părţi este în afara axei de rotaţie, vor apărea întotdeauna forţe de vibraţie şi rotorul se va învîrti neuniform.

La dezechilibrarea dinamică se pot ivi două cazuri:

1) *Forţele de vibraţie formează cupluri care se află într-un plan ce trece prin axa de rotaţie.* În acest caz la învîrtirea rotorului vor apărea vibraţii în întregul sistem. Pentru echilibrarea acestui cuplu de forţe trebuie aplicat rotorului în mişcarea de rotaţie

Scanned with OKEN Scanner

un alt cuplu de forțe, care să acționeze în același plan însă de sens contrar.

2) *Forțele de vibrație nu se află într-un plan care trece prin axa de rotație*. Un astfel de sistem de forțe poate fi redus la un cuplu, care acționează într-un plan ce trece prin axa de rotație și la o forță radială. Acest caz este cel mai des întîlnit și reprezintă o combinație a dezechilibrului static și dinamic.

Un echilibru complet în toate cazurile se poate obține prin fixarea unor contragreutăți.

Echilibrarea unui rotor nu prezintă dificultăți dacă se cunosc poziția și mărimea dezechilibrajului.

Pentru verificarea dezechilibrajului se pot folosi mașinile de balansare Lawaczek-Heimann, Achimov și altele.

IV.6. MODERNIZAREA APARATELOR DE ANTRENARE

Deseori în exploatare se simte necesitatea modernizării aparatelor de antrenare chiar de la începutul funcționării instalațiilor de epurare deoarece nu întotdeauna datele primite la proiectare asupra parametrilor fluidului de epurat se pot păstra în exploatare. De cele mai multe ori, chiar aceștia se modifică substanțial, iar aparatele comandate și montate nu mai corespund întru totul, fiind necesare unele adaptări și chiar modificări.

Necesitatea acestor modificări, în special la exhaustoare și aspiratoare de fum pot apărea în următoarele condiții: ● *cînd aparatele au un randament scăzut;* ● *cînd sînt necesare randamente mai mari decît cele pentru care s-au ales aparatele;* ● *cînd trebuie să se schimbe regimul de funcționare, fără a schimba turația aparatului;* ● *cînd este necesar să se schimbe turația aparatului păstrîndu-se debitul și creșterea de presiune;* ● *cînd sînt necesare modificări ale instalațiilor de epurare și în nomenclatoarele uzinelor de fabricație nu se găsește un tip de aparat cu dimensiuni, care ar putea să asigure parametrii necesari unei bune funcționări a instalației.*

În toate aceste cazuri trebuie schimbat rotorul, iar uneori mantaua, păstrînd elementele mișcării, arborele, lagărele și batiul aparatului.

De aceea, la marile combinate industriale care se construiesc în țara noastră, personalul care supraveghează și conduce exploatarea instalațiilor de epurare este posibil să fie pus în situația să facă astfel de modificări la aparatele în funcțiune.

În figurile IV.26, IV.27, IV.28 și IV.29 sînt reprezentate **caracteristicile unor ventilatoare reconstruite pentru parametri**

Scanned with OKEN Scanner

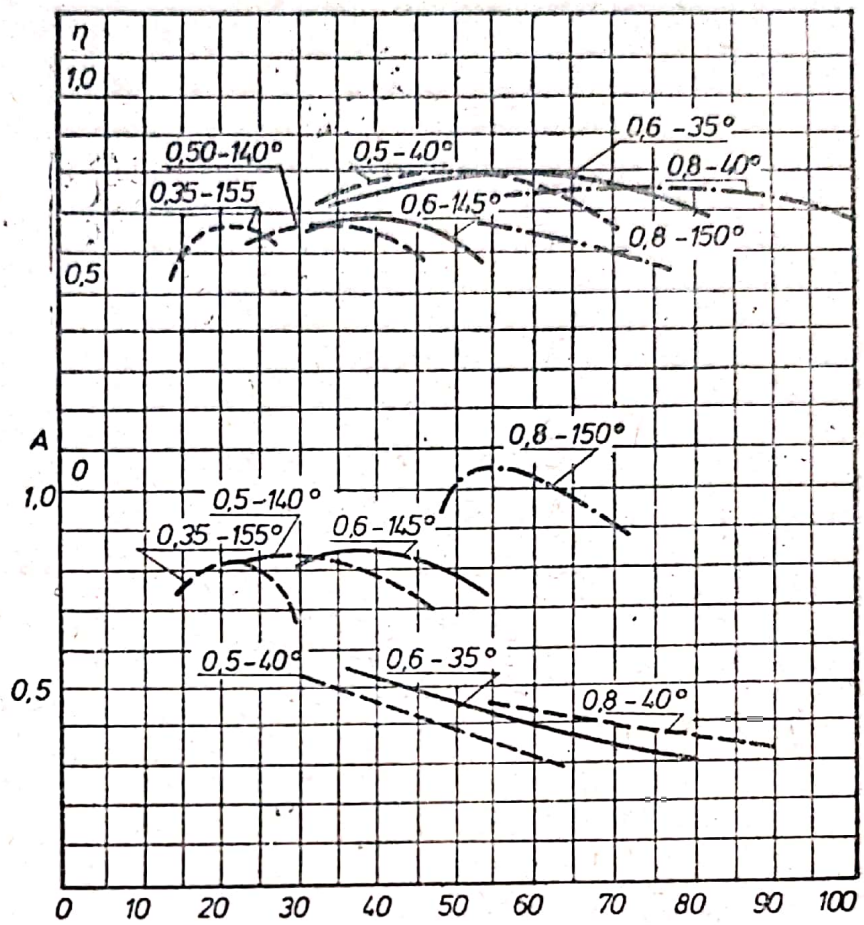


Fig. IV.26.
Modificarea presiunii şi a randamentului unor aparate la schimbarea turaţiei specifice I.

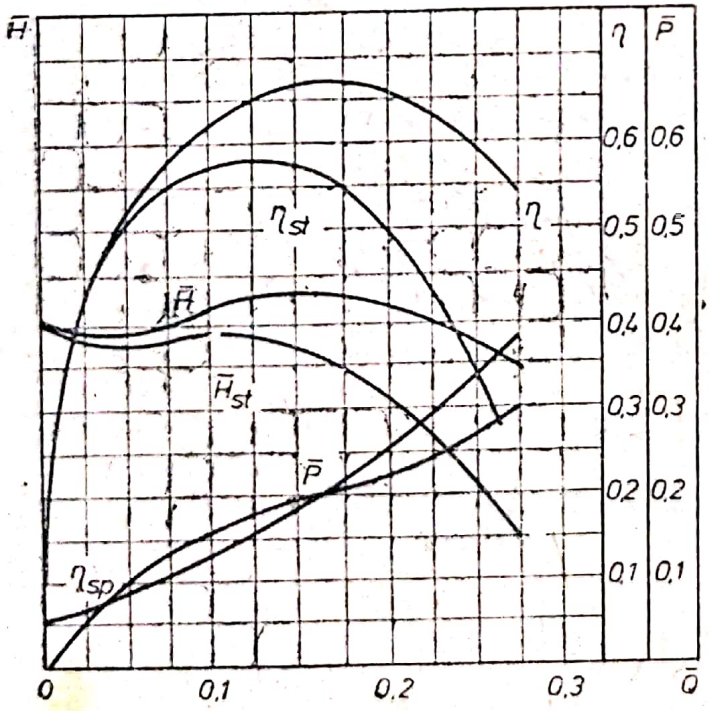


Fig. IV.27.
Modificarea presiunii şi a randamentului unor aparate la schimbarea turaţiei specifice II.

Scanned with OKEN Scanner

fără dimensiuni, care pot servi ca termeni de comparaţie la rezultatele care le vor obţine în cazul unor modificări ce eventual situaţia exploatării le-o vor impune :

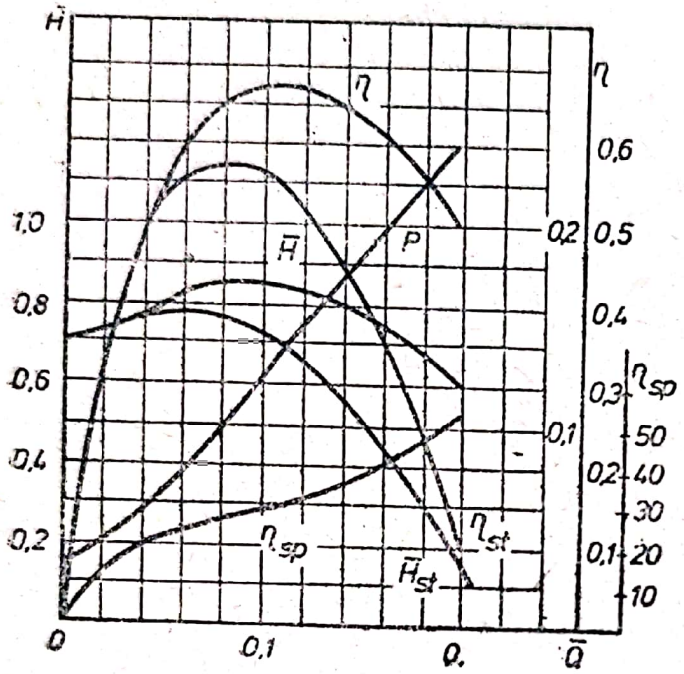


Fig. IV.28.
Modificarea presiunii şi a randamentului unor aparate la schimbarea turaţiei specifice III.

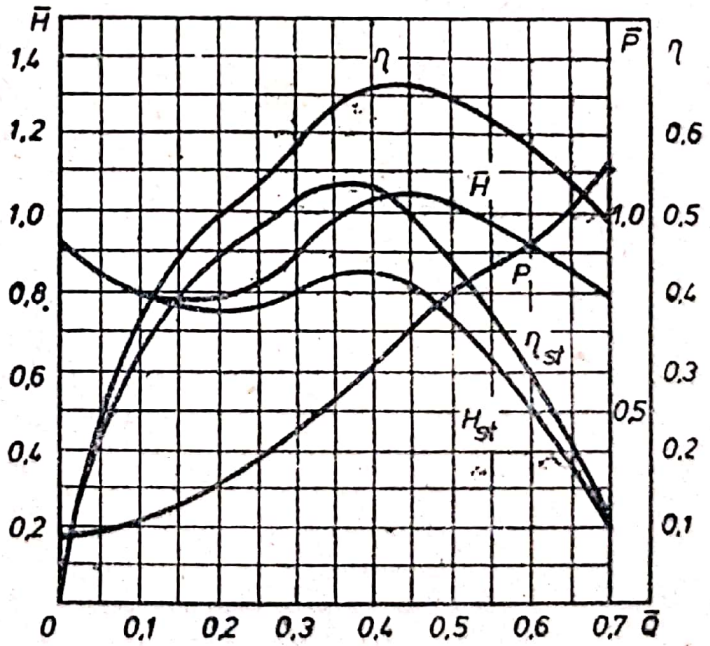


Fig. IV.29.
Modificarea presiunii şi a randamentului unor aparate la schimbarea turaţiei specifice IV.

$$\bar{Q} = \frac{Q}{0{,}785\, D_2^2 u_2}\,; \quad Q = 0{,}785\, D_2^2\, u_2\, \bar{Q}\ [m^3/s]\,; \qquad \text{(IV.126)}$$

$$\overline{H} = \frac{H}{\rho\, u_2^2} \; ; \; H = \overline{H} \rho u_2^2 \; [mm\ H_2O]; \qquad \text{(IV.127)}$$

$$\overline{P} = \frac{102\ P}{0{,}785\ \rho\, D_2^2\, u_2^3} \; ; \; P = \frac{0{,}785\ \rho\, D_2^2\, u_2^3\, \overline{P}}{102} [kW]. \qquad \text{(IV.128)}$$

Turația specifică în parametri fără dimensiuni este:

$$n_{sp} = 82 \frac{\overline{Q}^{0'5}}{\overline{H}^{0'75}} n. \qquad \text{(IV.129)}$$

În figurile de mai înainte $n_{sp} = f(Q)$, adică valorile turației specifice pentru toate regimurile tipului de aparat dat. Curbele $n_{sp} = f(Q)$ se utilizează la alegerea schemei aerodinamice a aparatului pentru reconstrucție.

Pentru orientarea îmbunătățirilor care se pot obține prin astfel de operații se dă tabelul IV.1.

Tabelul IV.1.

Rezultate obținute în urma îmbunătățirilor după reconstrucție

Felul aparatului	Diametrul rotorului [mm]	Puterea totală [kw]	Randamentul maxim [%]	
			Înainte de reconstrucție	După reconstrucție
Aspiratoare de fum	1 980	1 500	43	69
	1 870	1 800	50	63
	1 750	200	30	75
	1 550	200	—	62
	1 700	200	—	62
Ventilatoare	1 450	540	55	69
	1 750	280	40	61
	1 200	210	42	65—70

În scopul de a veni în ajutorul celor care vor trebui să facă astfel de modificări, în continuare se dă următorul exemplu de calcul.

Exemplu de calcul. *Un aspirator de fum cu debitul de $Q = 150\,000\ m^3/h$ urmează să fie reconstruit, creșterea presiunii $H = 320\ mm\ H_2O$; la temperatura gazelor $t = 200°C$; rotația $n = 730\ rot/min$; greutatea volumetrică a gazelor cu fum la 0°C și 760 mm Hg, $\gamma_0 = 1{,}34\ kg/m^3$.*

1) *Debitul pe secundă :*

$$Q = 150\,000/3\,600 = 41{,}70 \text{ m}^3/\text{s}.$$

2) *Densitatea gazelor cu fum :*

$$\rho_t = \gamma_0 \frac{T_0}{Tg} = \frac{1{,}34 \times 273}{473 \times 9{,}81} = 0{,}0788 \text{ kg}\cdot\text{s}^2/\text{m}^4.$$

3) *Creșterea presiunii la greutatea volumetrică a mediului convențional :*

$$\gamma_{20} = 1{,}20 \text{ kg/m}^3 ; \gamma_t = \gamma_0 \times \frac{273}{273 + t} = \gamma_0 \frac{273}{473};$$

$$H_{20} = H \frac{\gamma_{20}}{\gamma_t} = H \frac{473\,\gamma_{20}}{273\,\gamma_0} = 320 \frac{1{,}20 \times 473}{1{,}34 \times 273} = 496 \text{ mm } H_2O.$$

4) *Turația specifică a aspiratorului de fum :*

$$n_{sp} = \frac{Q^{0,5}}{H_{20}^{0,75}} \quad n = \frac{\sqrt{41{,}75}}{\sqrt[4]{495^3}} \times 730 = 44{,}90.$$

5) *Din caracteristicile acestui ventilator cu* $n_s = 44{,}90$ *rezultă :*

$$\overline{Q} = 0{,}14 ; \quad \overline{H} = 0{,}62 ; \quad \overline{P} = 0{,}12.$$

6) *Viteza periferică la ieșirea din rotor :*

$$u_2 = \sqrt{\frac{H}{\rho \overline{H}}} = \sqrt{\frac{320}{0{,}0788 \times 0{,}62}} = 81 \text{ m/s}.$$

7) *Diametrul exterior al rotorului :*

$$D_2 = \frac{60 u_2}{\pi n} = \frac{60 \times 81}{3{,}14 \times 730} = 2{,}12 \text{ m}.$$

8) *Debitul pe secundă :*

$$Q = 0{,}785\, D_2^2 \overline{Q} u_2 = 0{,}785 \times 2{,}12^2 \times 0{,}14 \times 81 = 40 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Se alege un D_2 rotund de 2 150 mm, rezultînd :

$$u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60} = \frac{3{,}14 \times 2{,}15 \times 730}{60} = 82 \text{ m/s}.$$

9) *Puterea la arborele aspiratorului de fum :*

$$P = \frac{0{,}785\, D_2^2\, u_2^3\, \rho \overline{P}}{102} = \frac{0{,}785 \times 2{,}15^2 \times 82^3 \times 0{,}0788 \times 0{,}12}{102} = 185 \text{ kW}.$$

Scanned with OKEN Scanner

10) *Randamentul aspiratorului de fum pentru* $D_2 = 1\,500$ *mm*, $u_2 = 82$ *m/s şi* $Q = 41{,}50$ m^3/s:

$$\eta = \frac{41{,}5 \times 320}{102 \times 185} = 0{,}70.$$

IV.7. VERIFICAREA LA REZISTENŢĂ A PIESELOR PRINCIPALE ALE UNUI APARAT

Întrucît anterior s-a vorbit de eventualitatea reconstrucţiei unor aparate în faza de exploatare, se consideră că în asemenea cazuri este necesar de a se verifica şi **rezistenţa pieselor principale ale aparatului reconstruit:** ● *rotorul;* ● *discul anterior;* ● *discul conic posterior;* ● *paleta;* ● *arborele.*

a. **Rotorul.** Acesta se compune dintr-o serie de piese din care cele mai importante sînt discurile şi paletele. În fig. IV.30 este reprezentată secţiunea unui rotor (fig. IV.30, *a*).

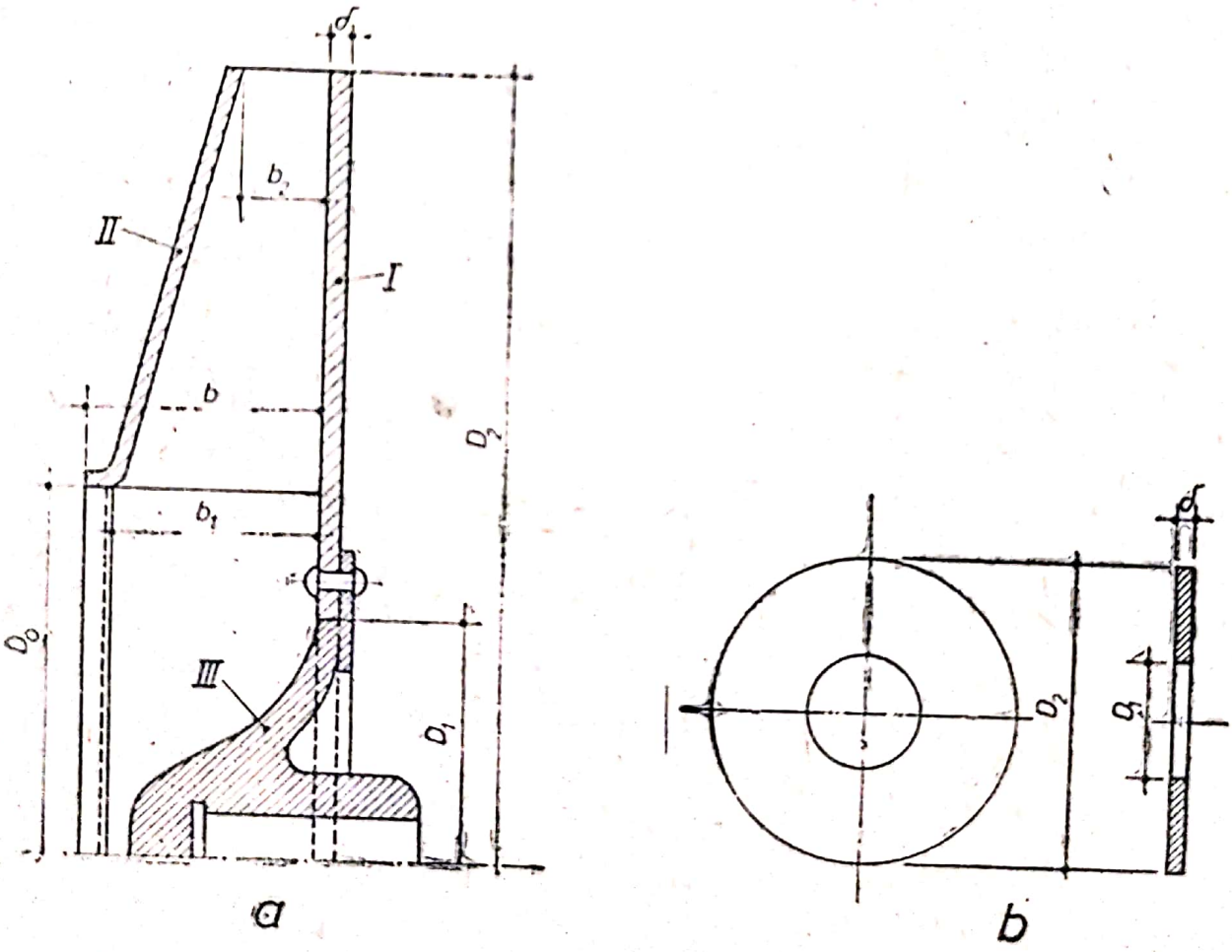


Fig. IV.30. Elemente tehnice la un rotor:
a — secţiune printr-un rotor;
b — discul în plan şi secţiune al unui aparat.

I — *discul posterior* sau *discul de susţinere* de grosime constantă δ, cu diametrul exterior D_2 şi diametrul interior D_1. Acest disc are o gaură centrală (fig. IV.30, *b)*.

II — *discul anterior* (fig. IV.30, *a)* compus dintr-o parte conică (fig. IV.30, c) cu diametrul *maxim* $D_a = D_2$ şi minim D'_0 şi dintr-o parte cilindrică cu diametrul exterior D'_0 şi diametrul interior D_0. Partea conică are de obicei aceeaşi grosime ($b'_0 = b_a$). Grosimea capătului cilindric este h, lăţimea lui este b_0 (fig. IV.30, c). În fig. IV.30, *a* discul posterior *I* este nituit de butucul rotorului III. Acesta este împănat pe arborele aparatului. Între discul posterior *I* şi discul anterior *II* se montează paletele (fig. IV.30, *d)* rotorului. Pentru mărirea rigidităţii discului posterior şi pentru centrarea lui în raport cu axa de rotaţie, el se fixează într-o tijă pe butucul rotorului (fig. IV.30, *d)*.

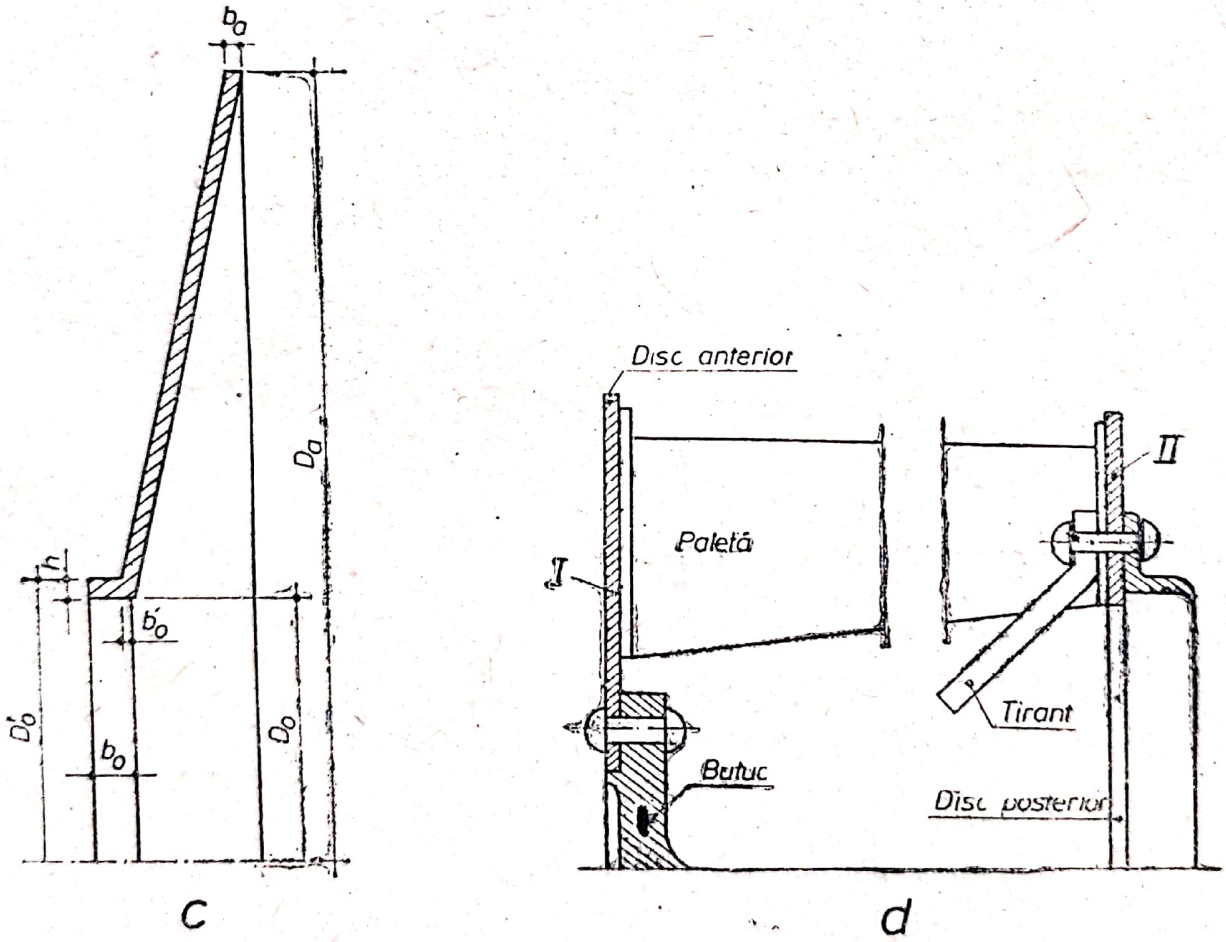


Fig. IV. 30. **Elemente tehnice la un rotor :**
c — **partea conică a discului anterior ;** d — **paletele rotorului.**

Pentru a uşura modul de verificare, în continuare se dau exemple numerice.

b. **Discul anterior (posterior). Exemplu :** $n = 730$ rot/min ; diametrul exterior $D_2 = 1\,400$ mm ; diametrul interior $D_1 = 1\,000$ mm, grosimea $\delta = 8$ mm. Se verifică :

1) *Viteza unghiulară :*

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3{,}14 \times 730}{30} = 76{,}40 \text{ rad/s.}$$

2) *Viteza pe conturul exterior sau pe cercul cu $R_2 = 0{,}5\ D_2$:*

$$v = \omega R_2 = 76{,}40 \times 0{,}70 = 53{,}48 \approx 53{,}50 \text{ m/s.}$$

Se determină raportul :

$$\alpha = R_1/R_2 = 500/700 = 0{,}714.$$

Utilizînd tabelul de mai jos pentru determinarea tensiunii σ_t se deduce valoarea determinată pentru o :

α	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1
σ_t	2	2,004	2,017	2,382	2,068	2,106	2,153	2,272	2,424

cuprinsă între valoarea $\alpha = 0{,}6$ cu $\sigma_t = 2{,}153$ și $\alpha = 0{,}8$ cu $\sigma_t = 2{,}72$. Interpolînd se obține $\sigma_t = 2{,}222$. Pentru verificare se va folosi și graficul din fig. IV.31 după care se va obține pentru σ_t aceeași valoare. Adoptăm $\gamma = 7{,}85$ kgf/dm³ (greutatea specifică a oțelului). Introducînd aceste date în formula :

$$\sigma_{t\,max} = 0{,}00421\, \gamma\, v^2\, \sigma_t\,;$$

se obține : $\sigma_{t\,max} = 0{,}00421 \times 7{,}85 \times 53{,}5^2 \times 2{,}222 = 210$ kgf/cm².

La unele aparate vitezele periferice pot fi foarte mari. De acest lucru trebuie ținut seama deoarece, după cum rezultă din formula (IV.130), tensiunile sînt direct proporționale cu pătratul vitezei periferice. Astfel, pentru un disc dintr-un anumit material, la o viteză unghiulară dată a rotorului, există o anumită mărime limitată a diametrului rotorului la depășirea căreia pot apărea în rotor tensiuni periculoase. Deci, tensiunile care apar în disc sînt proporționale cu greutatea specifică a materialului discului. Din această cauză discurile executate din duraluminiu pot suporta viteze

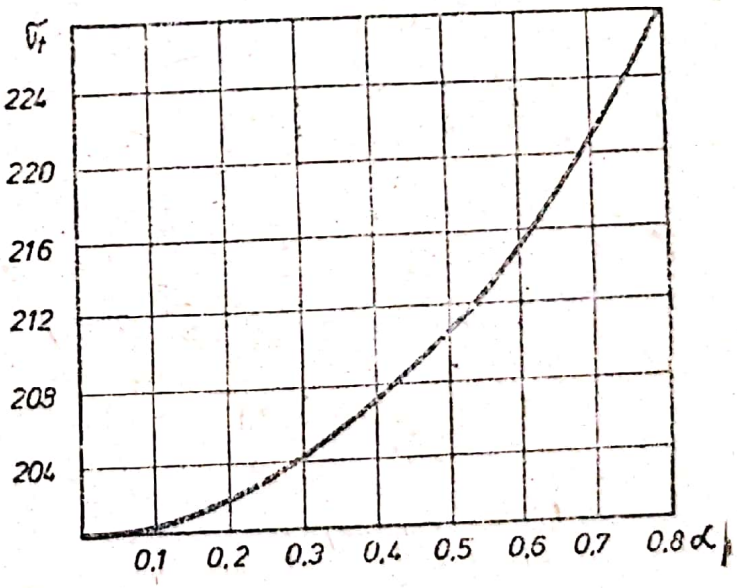


Fig. IV.31.
Diagramă pentru determinarea tensiunilor dintr-un disc plan

periferice mult mai mari (după date practice, cel puțin de 3 ori mai mari).

c. **Discul conic anterior. Exemplu :**

1) *Grosimea constantă* $b_a = b_0' = 3\ mm$; $D_a = 1\,280\ mm$;

$D_0 = 600\ mm$; $D_0' = 664\ mm$; $b_0 = 15\ mm$; $n = 900\ rot/min$;

$$z = b_a/b_0' = 1; \tag{IV.131}$$

$$\varepsilon = D_0/D_a = 600/1280. \tag{IV.132}$$

Din fig. IV.32 se obțin $\varepsilon = 0{,}4$; $K_c = 1{,}88$ (coeficient care ține seama de forma discului. El este dependent de rapoartele z și ε). Pentru $\varepsilon = 0{,}5$, $K_c = 192$, la diferența $\varepsilon = 0{,}5 - 0{,}4 = 0{,}1$ rezultă diferența $192 - 188 = 4$, deci $K_c = 4$, prin interpolare rezultă $K_c = 190$:

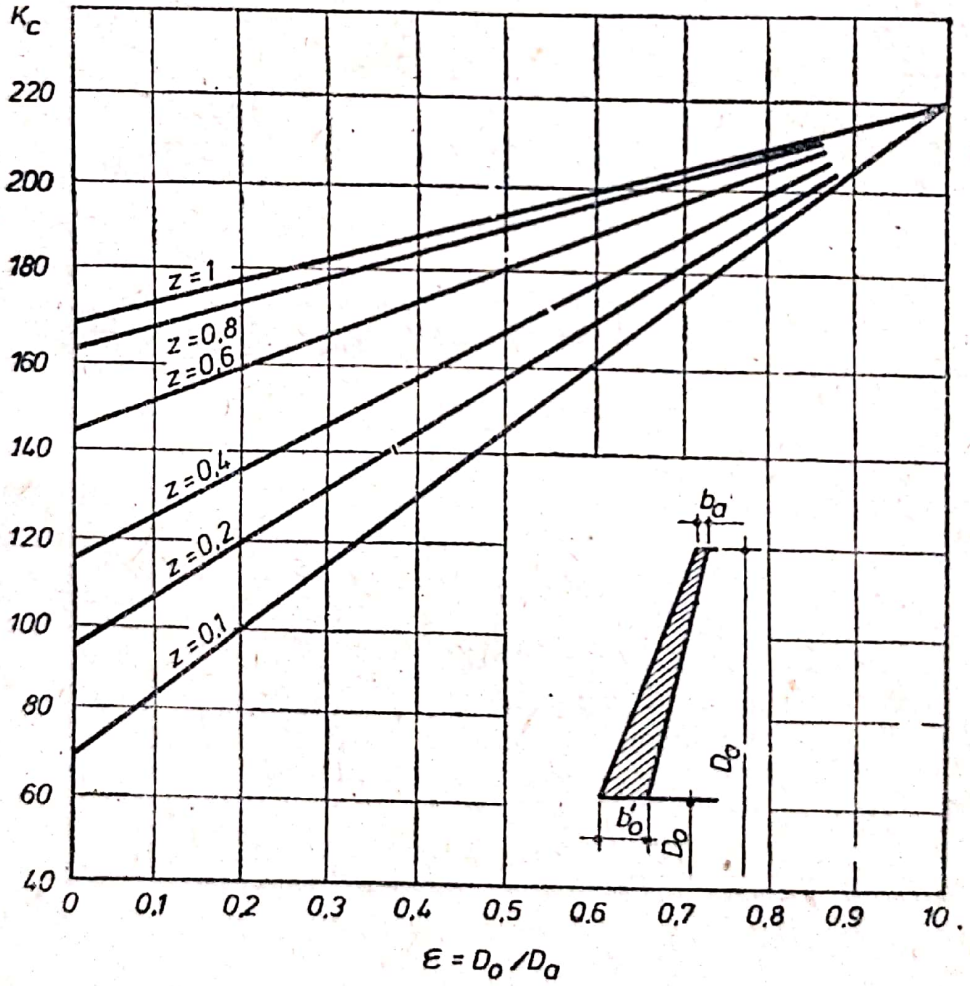


Fig. IV.32. Diagramă pentru determinarea tensiunilor în discul conic.

$$y = \frac{2\,h}{D_a} = \frac{2 \times 32}{1280} = \frac{64}{1280} = 0{,}05\,; \qquad \delta = \frac{b_0}{b_0'} = \frac{15}{3} = 5\,; \qquad \text{(IV.133)}\,;\ \text{(IV.134)}$$

h = 32 mm = grosimea discului la butuc.

Din fig. IV.33 rezultă K_s = 1,35, coeficient dependent de $\delta = b_0/b_0'$ și $y = \Delta/D_a = 2h/D_a$.

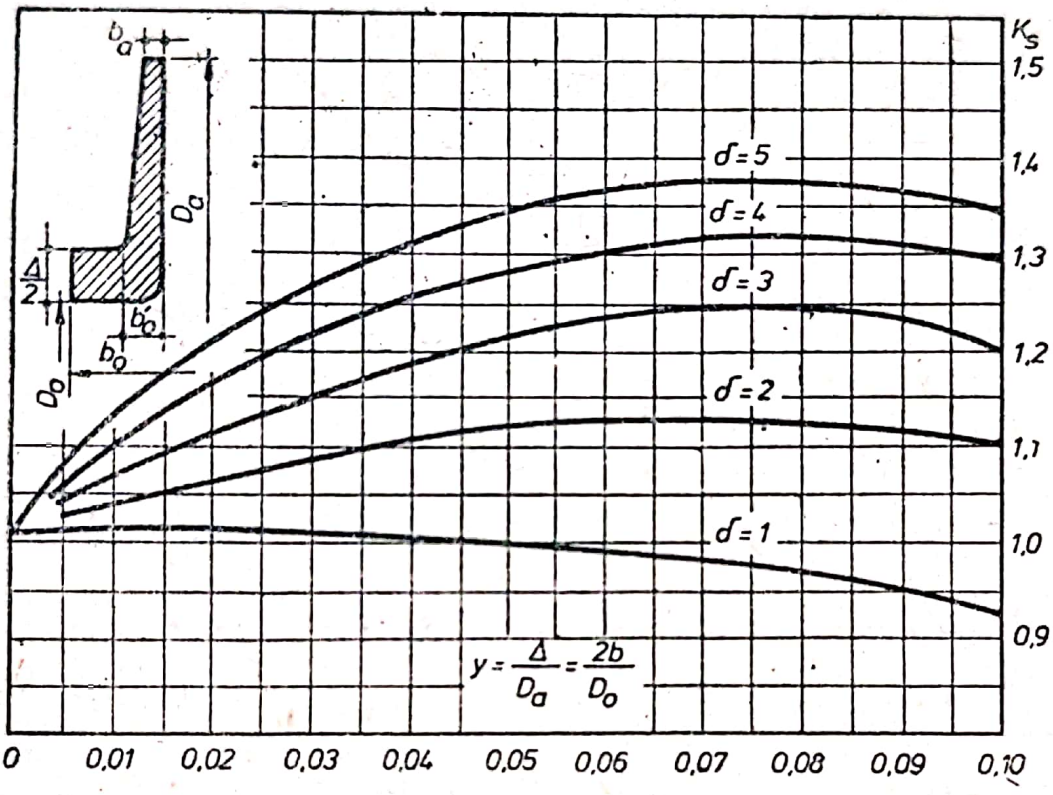


Fig. IV.33. **Diagramă pentru determinarea tensiunilor în discul conic.**

Tensiunea maximă este :

$$\sigma_{t\ max} \frac{K_c}{K_s}\left(\frac{D_a}{1\,000} \times \frac{n}{1\,000}\right)^2 = \frac{190}{1{,}35}\left(\frac{1\,280}{1\,000} \times \frac{900}{1\,000}\right)^2 =$$

$$= \frac{190}{1{,}35}(1{,}28 \times 0{,}9)^2 \approx 186 \quad \text{kg/cm}^2. \qquad \text{(IV.135)}$$

Deoarece s-ar putea ca la aparatul care trebuie să fie reconstruit, discul conic să nu aibă grosimea constantă, în continuare se dă și un astfel de exemplu de verificare.

2) *Grosimea variabilă.* **Exemplu de verificare :** diametrul exterior D_a = 1 300 mm ; diametrul interior D_0 = 720 mm ; n = 1 000 rot/min ; grosimea discului la partea conică (minimă) b_a = 2,5 mm ; grosimea b_0' = 25 mm ; grosimea b_1 = 50 mm.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă se consideră **valoarea optimă :**

$$\Delta = 2h = 0{,}05\ D_a \ldots 0{,}1\ D_a \qquad \text{(IV.136)}$$

atunci $\Delta = 2h = 0{,}05 \times 1\,300 \ldots 0{,}1 \times 1\,300 = 65 \ldots 130$ mm ;

prin urmare **lăţimea obezii părţii cilindrice a discului** va fi :

$h = \Delta/2 = 32{,}5 \ldots 65$ mm ; se adoptă $h = \Delta/2 = 50$ mm. (IV.137)

Se determină :

Diametrul exterior al primei părţi cilindrice sau a inelului :

$$D_0' = D_0 + \Delta = D_0 + 2h = 720 + 2 \times 50 = 820 \text{ mm}; \qquad \text{(IV.138)}$$

$$\varepsilon = D_0/D_a = 720/1200 = 0{,}555;$$

$$z = b_0/b_0' = 2{,}5/25 = 0{,}1.$$

Din fig. IV.32 se determină K_c ; $\varepsilon = 0{,}5$; după curba $z = 0{,}1$ va-valoarea coeficientului $K_c = 145$ pentru $\varepsilon = 0{,}6$, $K_c = 160$.

Prin interpolare se obţine :

$$K_c = 145 + 13 \times 0{,}55 = 152;$$

$$\delta = \frac{b_0}{b_0'} = \frac{50}{25} = 2; \quad y = \frac{2h}{D_a} = \frac{2 \times 50}{1\,300} = \frac{100}{1\,300} = 0{,}077.$$

Din fig. IV.33 se deduce $K_s = 1{,}13$; mai departe :

$$\frac{D_a}{1\,000} = \frac{1\,300}{1\,000} = 1{,}3; \quad \frac{n}{1\,000} = \frac{1\,000}{1\,000} = 1{,}0,$$

de unde (conform formulei IV.135) **tensiunea va fi :**

$$\sigma_{t0} = \frac{152}{1{,}13}(1{,}3 \times 1)^2 = 227 \text{ kgf/cm}^2.$$

Dacă la aceleaşi dimensiuni discul se va roti cu 730 rot/min, atunci :

$$\sigma_{t0} = \frac{152}{1{,}13}(1{,}3 \times 0{,}73)^2 = 121 \text{ kgf/cm}^2.$$

Turaţia admisibilă pentru acest disc se va verifica astfel :

$$n_{adm} = \frac{10^6}{D_a}\sqrt{\frac{\sigma_z K_s}{K_c}}; \qquad \text{(IV.139)}$$

σ_z este tensiunea admisibilă, în kgf/cm² (în cazul dat $\sigma_z = 2\,000$ kgf/cm²) ;

$$n_{adm} = \frac{10^6}{1300}\sqrt{\frac{2\,000 \times 1{,}13}{152}} \approx 3\,000 \text{ rot/min}.$$

Scanned with OKEN Scanner

d. **Paleta.** Raza de curbură a paletei $R = 250$ mm; grosimea paletei $\delta = 4$ mm; unghiul la centru corespunzător arcului paletei $\theta = 40°$; lungimea (coardă) paletei $c = 120$ mm. Paletele au fost fixate în discuri astfel încît centrul de greutate al paletei G se află pe raza care formează cu axa centrală principală a secţiunii transversale a paletei unghiul $\varphi = 17°$; $17°$; turaţia aparatului a fost $n = 730$ rot/min.; $R_s = 500$ mm.

1) *Lungimea arcului paletei s:*

Se determină:

$$s = \frac{\pi R \theta^0}{180} = \frac{3{,}14 \times 25 \times 40}{180} = 17{,}44 \text{ cm} = 174{,}4 \text{ mm.} \quad \text{(IV.140)}$$

2) *Greutatea paletei:*

$$G_{pal} = s\,\delta\,c\,\gamma = 17{,}44 \times 0{,}4 \times 12 \times 7{,}85 = 657{,}14 \text{ g} \approx 0{,}657 \text{ kg.} \quad \text{(IV.141)}$$

3) *Viteza unghiulară:*

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3{,}14 \times 730}{30} = 76{,}4 \text{ rad/s.} \quad \text{(IV.142)}$$

4) *Forţa centrifugă:*

$$F_c = \frac{G_{pal}}{g} \cdot R_s \cdot \omega^2 = \frac{0{,}657}{981} \times 50 \times 76{,}4^2 \approx 195 \text{ kgf.} \quad \text{(IV.143)}$$

5) *Momentul încovoietor maxim:*

$$M_{max} = \frac{F_c c}{8} = \frac{195 \times 12}{8} = 292{,}50 \text{ kgf/cm.} \quad \text{(IV.144)}$$

6) *Componentele M_x şi M_y:*

$$M_x = M_{max} \sin \varphi = 292{,}5 \times 0{,}292 = 85{,}40 \text{ kgf.cm;}$$
$$M_y = M_{max} \cos \varphi = 292{,}5 \times 0{,}956 = 279{,}60 \text{ kgf.cm.} \quad \text{(IV.145)}$$

7) *Momentul de inerţie J_x:*

$$J_x = R^3 \delta \left(\alpha - \frac{1}{2} \sin 2\alpha\right) = 25^2 \times 0{,}4 \left(\frac{20\pi}{180} - \frac{1}{2} \sin 40°\right) =$$
$$= 6\,250\,(0{,}349 - \frac{1}{2} \times 0{,}6427 = 175 \text{ cm}^4. \quad \text{(IV.146)}$$

8) *Momentul de inerţie J_y:*

$$J_y = R^3 \delta \left(\alpha + \frac{1}{2} \sin^2 \alpha - \frac{\sin^2 \alpha}{\alpha}\right) = R^3 \delta\,(J_{II}). \quad \text{(IV.147)}$$

Conform tabelului de mai jos, $J_{II} = 0{,}000226$, deci:

$$J_y = 25^3 \times 0{,}4 \times 0{,}000226 = 6250 \times 0{,}000226 = 1{,}41 \text{ cm}^4.$$

$\alpha = \frac{\theta}{2}$	10°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
J_I	0,0277	0,0533	0,0906	0,142	0,2057	0,2854	0,8803
J_{II}	0,000226	0,000683	0,00168	0,00358	0,00680	0,0121	0,0201

Scanned with OKEN Scanner

Aceste momente de inerţie se pot determina şi cu graficul din fig. IV.34.

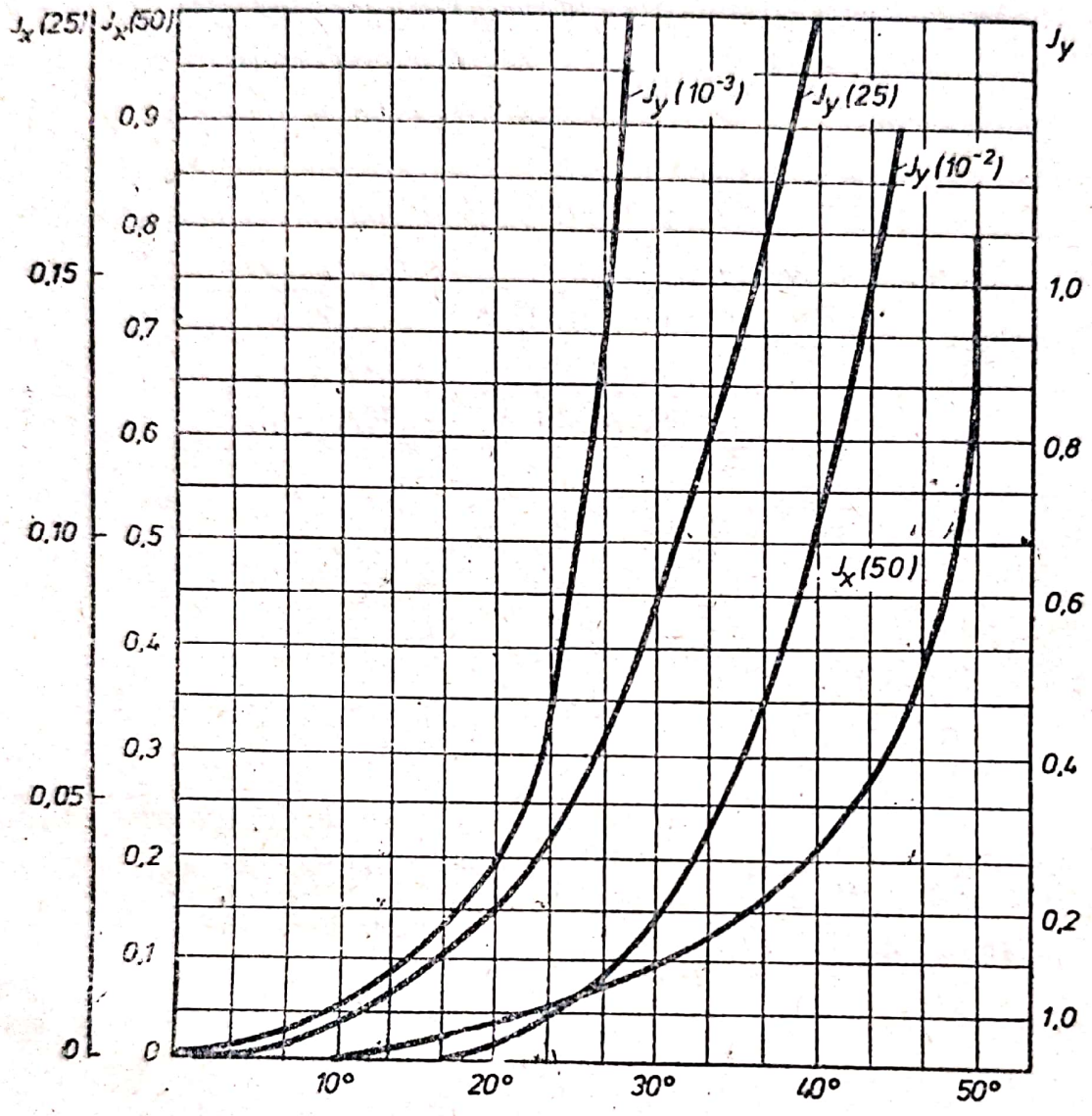


Fig. IV.34. **Momentele de inerţie ale paletelor rotorului.**

9) **Distanţele celor mai îndepărtate fibre de la axa neutră** yy (fig. IV.35), e_I şi e_{II}:

$$e_I = R \sin \alpha = R \sin \frac{\theta}{2} = 25 \sin 20° = 25 \times 0{,}342 = 8{,}55 \text{ cm}; \quad \text{(IV.148)}$$

$$e_{II} = r_s - R \cos \frac{\theta}{2} = 24{,}4 - 23{,}5 = 0{,}9 \text{ cm}; \quad \text{(IV.149)}$$

$$e'_{II} = R - r_s + \frac{\delta}{2} = 25 - 24{,}4 + 0{,}2 = 0{,}8 \text{ cm}. \quad \text{(IV.150)}$$

Scanned with OKEN Scanner

10) **Tensiunea maximă :**

$$\sigma_{max} = \frac{M_x}{J_y} \times e_{II} + \frac{M_y}{J_x} \times e_I = \frac{1,41}{85,4} \times$$

$$\times 0,9 + \frac{279,6}{173} \times 8,55 = 68,32 \text{ kgf/cm}^2.$$

(IV.151)

11) **Tensiunea admisibilă :**

$$\sigma_b = \frac{M_x}{J_y} e'_{II} = \frac{85,4}{1,41} \times$$

$$\times 0,8 = 48,4 \text{ kgf/cm}^2.$$

$$\sigma_{max} > \sigma_b. \quad \text{(IV.152)}$$

e. **Arborele :** greutatea rotorului G_r = 900 kg fiind montat la mijlocul arborelui ; l = 860 mm; puterea la arborele aparatului P = 272 CP ; n = 960 rot/min.

Se determină :

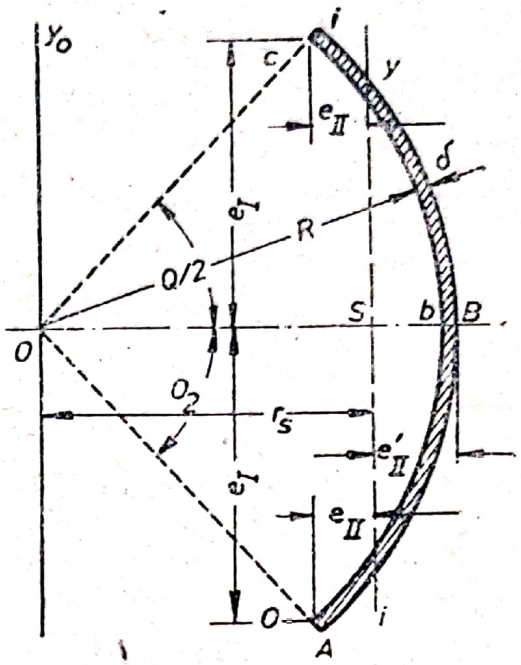


Fig. IV.35. **Paleta rotorului.**

1) **Momentele de torsiune şi de încovoiere maximă :**

$$M_{tors} = 71\,620 \frac{P}{n} = 71\,620 \frac{272}{960} \approx 20\,300 \text{ kgf.cm} ; \quad \text{(IV.153)}$$

$$M_{max} = \frac{G_r l}{4} = \frac{900 \times 86}{4} = 19\,350 \text{ kgf.cm}. \quad \text{(IV.154)}$$

2) **Modulul de rezistenţă W în secţiunea transversală a arborelui :**

$$W = \frac{1}{\sigma_r} \sqrt{M^2_{max} + M^2_{tors}} \text{ [cm}^3\text{]}. \quad \text{(IV.155)}$$

Materialul obişnuit la arborele rotoarelor este un oţel cu o rezistenţă la rupere σ_r = 45...50 kgf/mm²; limita de curgere σ_c = 23...27 kgf/mm², iar limita de obosire σ_k = 21...24 kgf/mm². Rezistenţa admisibilă σ_a s-a luat egală cu 1 000 kgf/cm².

În aceste condiţii :

$$W = \frac{1}{1\,000} \sqrt{19\,350^2 + 20\,300^2} = 28,04 \text{ cm}^3.$$

3) **Diametrul rotorului** (în cazul în care d = 70 mm) :

$$d = \sqrt[3]{\frac{W}{0,1}} = \sqrt[3]{\frac{28,04}{0,1}} = 6,5 \text{ cm} = 65 \text{ mm}. \quad \text{(IV.156)}$$

Verificarea greutăţii proprii a arborilor cilindrici se face cu datele din tabelul IV.2, iar verificarea distanţei limită dintre lagăre cu datele din tabelul IV.3.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul IV.2. **Greutatea proprie a unor arbori cilindrici**

Diametrul arborelui [mm]	Greutatea unitară [kgf/m]	Diametrul arborelui [mm]	Greutatea unitară [kgf/m]	Diametrul arborelui [mm]	Greutatea unitară [kgf/m]
30	5,55	110	74,60	300	554,9
35	7,55	125	96,33	320	631,3
40	9,86	140	120,8	340	712,7
45	12,48	160	157,8	360	799,0
50	15,41	180	199,8	380	890,3
60	22,20	200	246,6	400	896,4
70	30,21	220	198,4	420	1 088,0
80	39,46	240	355,1		1 194,0
90	49,94	260	416,8	460	1 305,0
100	61,65	280	483,4	480	1 421,0
				500	1 541,0

Tabelul IV.3. **Distanțele limită dintre lagăre.**

Diametrul arborelui [mm]	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Distanța dintre lagărele arborilor puțin solicitați [mm]	1 700	2 000	2 200	2 400	2 600	2 800	3 000	3 200	3 300	3 400
Distanța dintre lagărele arborilor foarte solicitați [mm]	1 600	1 750	1 900	2 000	2 100	2 200	2 300	2 400	2 500	2 500

Caracteristicile materialelor utilizate la construcția aparatelor noi, deci și a celor care se reconstruiesc, sînt date în tabelul IV.4. Greutatea specifică a oțelului $\gamma = 7{,}85$ tf/m³. Coeficientul maxim de siguranță $n = 4$. Coeficienții medii de siguranță pentru limita de curgere se iau între 4,5 și 5. În afară de oțel, se vor întîlni și aparate cu palete din duraluminiu (aliaj de aluminiu) cu greutatea specifică $\gamma = 2{,}85$ tf/m³, a cărui limită de rezistență depinde de tratamentul termic și anume:

— tablă de duraluminiu recoaptă $\sigma_r = 18{,}25$ kgf/mm²;
— tablă de duraluminiu călită normal $\sigma_r = 36{,}00$ kgf/mm²

— tablă de duraluminiu călită şi ecruisată

$\sigma_r = 46{,}00$ kgf/mm².

Tabelul IV.4. **Caracteristicile oţelurilor folosite în construcţia aparatelor**

Nr. crt.	Tensiunea la rupere σ_r [kgf/mm²]	Limita de curgere σ_c [kgf/mm²]	Limita de obosire σ_m [kgf/mm²]	Tensiunea admisibilă pentru următoarele sarcini [kgf/cm²]		
				Categoria I	Categoria II	Categoria III
1	34—42	19—23	17—21	1 100—1 300	960—1 200	750— 950
2	37—45	21—25	18—23	1 200—1 400	1 000—1 300	800—1 000
3	42—50	23—27	21—24	1 250—1 450	1 100—1 400	910—1 100
4	50—60	28—39	22—25	1 500—1 800	1 200—1 600	950—1 200
5	60—70[1])	34—38	28	1 800—2 100	1 350—1850	1 080—1 400

[1]) Acest oţel se recomandă pentru discurile aparatelor care funcţionează la viteze mari.

Tablele de oţel şi de duraluminiu se confecţionează conform STAS-urilor în vigoare.

Arborii cu diametrul pînă la 130 mm se confecţionează din material laminat, iar peste 130 mm din oţel forjat. Tensiunea admisibilă la torsiune τ_t a oţelurilor pentru aceste piese se ia în modul următor: pentru oţelurile de la poz. 2 din tabelul IV.4 $\tau_t = 100 \ldots 150$ kgf/cm², pentru cele de la poz. 3, $\tau_t = 150 \ldots 200$ kgf/cm², iar pentru cele de la poz. 4, $\tau_t = 200 \ldots 250$ kgf/cm² (dacă în STAS-urile respective nu se prevăd alte valori).

Aceste rezistenţe se vor folosi numai pentru verificarea arborilor la torsiune. Pentru verificarea arborilor la solicitare compusă prin încovoiere şi torsiune, se recomandă ca rezistenţa admisibilă să se ia în funcţie de limita de curgere, adică:

$$\sigma_z = \sigma_c / n_c; \qquad \text{(IV.157)}$$

σ_c = limita de curgere;

n_c = coeficientul de siguranţă pentru limita de curgere ($n_c = 2 \ldots 2{,}3$).

Scanned with OKEN Scanner

IV.8. LAGĂRELE

În ceea ce privește **condițiile de lucru ale rulmenților în timpul exploatării,** trebuie avute în vedere următoarele :

1) *Cînd rulmenții sînt montați în corpuri separate, care nu prezintă în general suficientă garanție, pentru coincidența exactă a axelor, trebuie să fie oscilante (la cei cu role cilindrice trebuie ca acestea să oscileze în inel).*

Atunci cînd o sarcină dinamică acționează asupra unui corp elastic, provoacă în acesta o deformație mult mai mare decît o sarcină egală aplicată static. Ținînd seama de aceasta, este necesar ca la verificare sarcina maximă care acționează asupra rulmentului să fie înmulțită cu un coeficient de impact. Valoarea numerică a acestui coeficient depinde de condițiile în care lucrează aparatul. Ca date orientative se pot folosi valorile coeficienților de impact arătate în tabelul IV.5.

Tabelul IV.5. **Valori ale coeficienților de impact în funcție de natura aplicării sarcinii**

Caracterul sarcinii	Coeficientul de impact
Sarcină aplicată static	1
Sarcină variabilă, însoțită de șocuri ușoare, sau sarcină variabilă însoțită de șocuri puternice, însă aplicată pieselor flexibile — elastice (arcuri, garnituri de cauciuc etc.)	1,25—1,15
Sarcină însoțită de șocuri și vibrații puternice	2
Sarcină însoțită de șocuri foarte puternice	3

2) *Pentru protejarea rulmenților împotriva prafului sau a acțiunii mediului înconjurător (aer, umezeală etc.), trebuie prevăzute dispozitive speciale.* Dacă există însă pericolul acțiunii directe a apei sau a unor gaze corosive, rulmenții trebuie să fie confecționați dintr-un material special. Din cauza durității și a rezistenței mai mici a materialului care se utilizează de obicei în asemenea cazuri, dimensiunile rulmenților trebuie să fie mai mari decît cele normale.

În cazurile în care temperatura rulmentului depășește 90°C, nu se vor utiliza rulmenți normali din oțel-crom, deoarece aceș-

Scanned with OKEN Scanner

tia îşi pierd duritatea la temperaturi cu foarte puţin mai mari decît cea prescrisă. În locul acestora se vor utiliza rulmenţi dintr-un material special care îşi păstrează duritatea şi rezistenţa chiar şi la temperaturi mult mai mari.

3) *Nu se poate determina cu exactitate durata totală de serviciu a rulmentului la sarcina dată pînă la ieşirea lui din funcţiune.* Aceasta se explică nu numai prin faptul că duritatea rulmentului este în funcţie de foarte mulţi factori, ci şi prin aceea că termenul de ieşire din funcţiune a rulmentului se apropie treptat şi scoaterea rulmentului din funcţiune depinde în mare măsură de cerinţele mai mult sau mai puţin stricte, pe care el trebuie să le îndeplinească în diferite cazuri de utilizare.

La stabilirea durabilităţii necesare unui rulment (numărului de ore de funcţionare) sarcina care acţionează asupra acestuia trebuie înmulţită cu un coeficient de durabilitate ale cărui valori numerice sînt date în tabelele IV.6 şi IV.7. Valoarea obţinută va fi

Tabelul IV.6. **Durabilitatea rulmenţilor cu bile**

Durabilitatea necesară [h]	500	1 000	2 500	5 000	10 000	25 000	50.000	100 000
Coeficientul de durabilitate	0,81	1,00	1,32	1,62	2,00	2,64	3,24	4,00

Tabelul IV.7. **Durabilitatea rulmenţilor cu role**

Durabilitatea necesară [h]	1 000	2 500	5 000	10 000	25 000	50 000	100 000
Coeficientul de durabilitate	1,00	1,26	1,5	1,78	2,24	2,66	3,16

deci sarcina în funcţie de care trebuie căutat rulmentul în tabelele respective. În mod normal durata de funcţionare, în h, pentru rulmenţii cu bile utilizaţi la ventilatoare de aer şi aspiratoare de fum trebuie să fie de cel puţin 20 000—25 000 h, ceea ce corespunde unei funcţionări continue în decurs de 3—4 ani.

Pentru a se obţine sarcina reală care acţionează asupra rulmentului, sarcinile arătate în tabelul IV.7 trebuie înmulţite atît cu coeficientul de siguranţă, cît şi cu coeficientul de durabilitate.

Scanned with OKEN Scanner

Sarcina care acționează asupra unui rulment cu bile sau role :

$$F = (F_r + mF_a) f_1 f_2 f_3 \quad [kgf]; \qquad \text{(IV.158)}$$

F_r , F_a = sarcinile radială și axială [kgf/m] ;
m = coeficientul de conversiune pentru transformarea sarcinii axiale în radială ;
f_1, f_2, f_3 = coeficienții de siguranță, de durabilitate și cel în funcție de inelul care se rotește ;

— dacă se rotește inelul interior se ia $f_3 = 1$ (pentru rulmenți cu bile în general), sau $f_3 = 1{,}11$ (pentru rulmenți oscilanți cu bile) ;

— dacă se rotește inelul exterior (de exemplu la rulmenții cu bile pentru roțile de curea de mers în gol) se ia întotdeauna $f_3 = 1{,}35$.

O relație științifică care să stabilească legătura dintre sarcina care acționează asupra rulmentului, turația lui și durata de funcționare nu există încă.

Uzinele care fabrică rulmenți au adoptat următoarea **relație empirică stabilită după date practice din exploatare :**

$$F = C/(nh)^{0'3}; \qquad \text{(IV.159)}$$

C = coeficientul de încărcare a rulmentului ;
n = turația arborelui [rot/min] ;
h = durata de funcționare a rulmentului adoptată la calculul rulmentului [h].

Comparînd ultimele două relații :

$$(F_r + mF_a) f_1 f_2 f_3 = C/(nh)^{0'3} \qquad \text{(IV.160)}$$

rezultă că :

$$C = (nh)^{0'3} (F_r + mF_a) f_1 f_2 f_3. \qquad \text{(IV.161)}$$

Considerînd pe $h = 25\,000$ h (durata cea mai mare de funcționare care s-a obținut la rulmenții cu bile și cu role la ventilatoare și aspiratoare de fum), rezultă :

$$C = 20{,}9 \cdot (F_r + mF_a) f_1 f_2 f_3 \cdot n^{0'3}. \qquad \text{(IV.162)}$$

Pentru ușurarea calculelor de verificare cu formula (IV.162) în fig. IV.36 se dă diagrama valorilor lui $n^{0'3}$ în funcție de turația n care se recomandă în toate cazurile. Întrucît foarte des în exploatarea aparatelor de antrenare a fluidelor din instalațiile de epurare apare necesitatea înlocuirii rulmenților și în mod cu totul special atunci cînd se fac reglări sau reconstrucții de aparate, este

Scanned with OKEN Scanner

necesar să se comande rulmentul cel mai potrivit la instalația respectivă.

Exemplu de calcul pentru alegerea unui rulment cu bile

n = 970 rot/min; greutatea motorului împreună cu arborele = 800 kg. Condiția este ca arborele să fie rigid (turația efectivă este mai mică decît cea critică); rezultă că diametrul fusurilor pe care se montează rulmenții cu bile d = 110 mm. Arborele împreună cu motorul se sprijină pe două lagăre și prin urmare sarcina radială va fi F_r = 400 kgf.

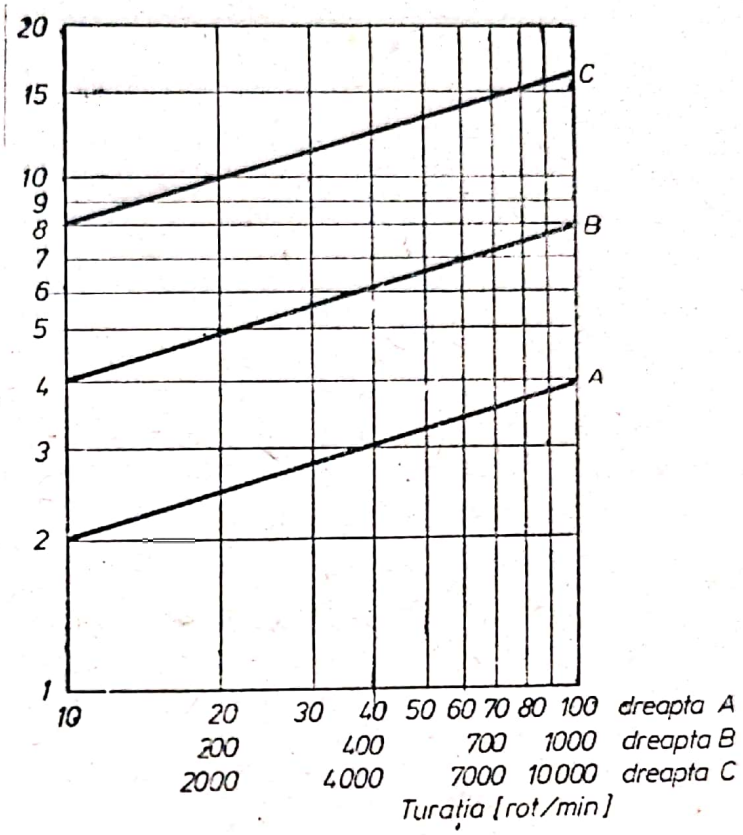


Fig. IV.36.
Diagramă pentru alegerea rulmenților cu bile.

Deoarece asupra rotorului se execută numai un echilibraj static și în timpul funcționării pot apărea vibrații, se ia un coeficient de siguranță f_1 = 1,5. Coeficientul de durabilitate (la durata de o funcționare de 25 000 h) este f_2 = 2,64 (v. tabelul IV.8). Întrucît inelul interior al rulmentului se fixează pe arbore și se rotește împreună cu acesta, se va lua f_3 = 1,11. Se recomandă a se utiliza un rulment oscilant cu bile. Coeficientul de încărcare C, căruia trebuie să-i corespundă rulmentul ales va fi (v. relația IV.162).

$$C = 20{,}9 \times 400 \times 1{,}5 \times 2{,}64 \times 1{,}11 \times 8 = 293\,000.$$

Se va căuta în cataloagele fabricilor de rulmenți și în STAS-uri ce rulment corespunde acestui coeficient de încărcare. În cazul în care coeficientul rezultat din calcul nu corespunde exact cu cel din tabelele fabricilor sau STAS-urilor, se va lua rulmentul pentru coeficientul imediat superior celui rezultat din calcul.

Pentru a se putea controla temperatura lagărelor electromotoarelor și ale aparatelor de vehiculare, se recomandă vopsirea lagărelor cu vopsea termică, care își schimbă culoarea în funcție de temperatură. La temperaturi mai mici de 65—70°C, această vopsea are culoarea roșie, pe măsură ce crește temperatura însă culoarea devine violet închis. La răcire revine din nou la roșu. La încălzirea pînă la 180°C vopseaua se distruge devenind de culoare brun închis, care nu se mai schimbă la scăderea temperaturii. Această vopsea conține o sare dublă de cupru și mercur.

Scanned with OKEN Scanner

Metoda de preparare este următoarea : se dizolvă în 3 l apă 450 g iodură de mercur (HgI_2 + 350 g iodură de potasiu. Apoi se dizolvă 350 g sulfat de cupru ($CuSO_4$) în 3 l de apă. Ambele soluții se amestecă prin scuturare. Precipitatul care se formează este lăsat să se așeze, apoi este filtrat și uscat. Vopseaua obținută se diluează în ulei de in fiert.

IV.9. ACȚIONAREA APARATELOR DE ANTRENARE

Pentru acționarea aparatelor de antrenare de la instalațiile de epurare se utilizează motoare electrice. Acționarea se realizează fie prin cuplarea directă a aparatului cu motorul respectiv printr-un cuplaj, fie cu transmisii intermediare (curele trapezoidale, reductoare, cuplaje hidraulice).

La cuplarea directă, turația motorului este egală cu turația aparatului. Acest fel de cuplare are o serie de **avantaje** față de celelalte ; ● *se evită pierderile de putere în transmisii ;* ● *se micșorează suprafața de instalare ;* ● *se ușurează condițiile de exploatare ;* ● *crește siguranța de funcționare a instalației ;* ● *se reduce costul ei.*

Problema care se pune aici este alegerea motorului, deoarece un motor ales cu o rezervă inutilă va funcționa întotdeauna cu un randament mai mic, iar pe de altă parte o putere insuficientă a motorului ar putea să nu asigure suprasarcinile ivite în timpul funcționării (suprasarcini de care s-a vorbit mai înainte).

Dacă se utilizează motoare electrice de curent alternativ, atunci la determinarea dimensiunilor aparatelor de antrenare trebuie să se țină seama de turațiile specifice acestor motoare.

Pentru ușurarea muncii de exploatare, se dau cîteva date importante asupra motoarelor electrice care trebuie cunoscute neapărat și anume :

1) *Turațiile nominale ale motoarelor electrice depind de numărul de poli și de frecvența curentului* (în mod obișnuit 50 Hz), exprimîndu-se prin următoarele cifre : n = 500 ; 750 ; 1 000 ; 1 500 etc. [rot/min.]. Turațiile efective ale motoarelor sincrone sînt ceva mai mici decît cele nominale din cauza alunecării. Turația se va alege din cataloagele uzinelor care fabrică astfel de motoare. Este bine să se aleagă un motor electric cu o turație ceva mai mare, deoarece la o putere egală, motoarele cu turație mai mare sînt mai ușoare și de aceea mai ieftine (însă momentul de rotație va fi bineînțeles mai mic).

Scanned with OKEN Scanner

Prin variația cuplului rezistent aplicat la arborele motorului, turația motoarelor sincrone nu variază, iar turația motoarelor asincrone variază numai foarte puțin.

Pentru instalațiile de epurare a fluidelor cu praf cum sînt instalațiile de tiraj, aspiratoarele de fum și exhaustoarele se recomandă utilizarea motoarelor electrice sincrone, deoarece ele pot servi și drept compensatoare sincrone (de fază), pentru ameliorarea cos φ în rețeaua proprie a centralei electrice.

La o funcționare de lungă durată a instalației de epurare, cu o sarcină constantă, înzestrarea cu motoare sincrone permite să se reducă apreciabil consumul.

2) *Pornirea motoarelor sincrone moderne* este foarte simplă deoarece ele sînt prevăzute cu o înfășurare suplimentară pentru pornirea asincronă.

3) *Motoarele electrice sincrone* pot funcționa numai la o anumită turație, care se determină din raportul:

$$n = 60\ f/p; \qquad \text{(IV.163)}$$

f = frecvența curentului alternativ [Hz];
p = numărul perechilor de poli ai motorului electric.

4) *Utilizarea motoarelor electrice sincrone în locul celor asincrone este rentabilă începînd de la o putere de* $\approx$ 100—200 kW.

5) *Motorul electric poate fi de asemenea cuplat cu aparatul de antrenare printr-un cuplaj care leagă direct arborele aparatului cu arborele motorului.* În cazurile cele mai simple rotorul se montează direct pe capătul arborelui motorului. Acest sistem de montaj se recomandă numai pentru aparatele cu aspirație unilaterală și permite racordarea unei conducte de aspirație și a uneia de refulare (fig. IV.37, *a*, *b*).

6) *Motorul electric mai poate fi cuplat cu aparatul de antrenare printr-un cuplaj elastic.* Această cuplare este recomandabilă pentru aparatele cu aspirație unilaterală și bilaterală (fig. IV.37, c). În acest caz lagărele se află pe ambele părți ale rotorului.

7) *Un alt sistem de cuplare este arătat în fig. IV. 37, d în cazul ambelor lagăre aflate pe o singură parte, iar cuplajul este de asemenea elastic.* Acest sistem este recomandabil numai pentru aparatele cu aspirație unilaterală.

Cuplajele elastice sînt cele mai răspîndite datorită faptului că au o siguranță în funcționare și faptului că ele tolerează o oarecare imprecizie asupra concordanței axelor geometrice ale arborilor cuplați. Avantajul acestor cuplaje, în comparație cu alte ti-

Scanned with OKEN Scanner

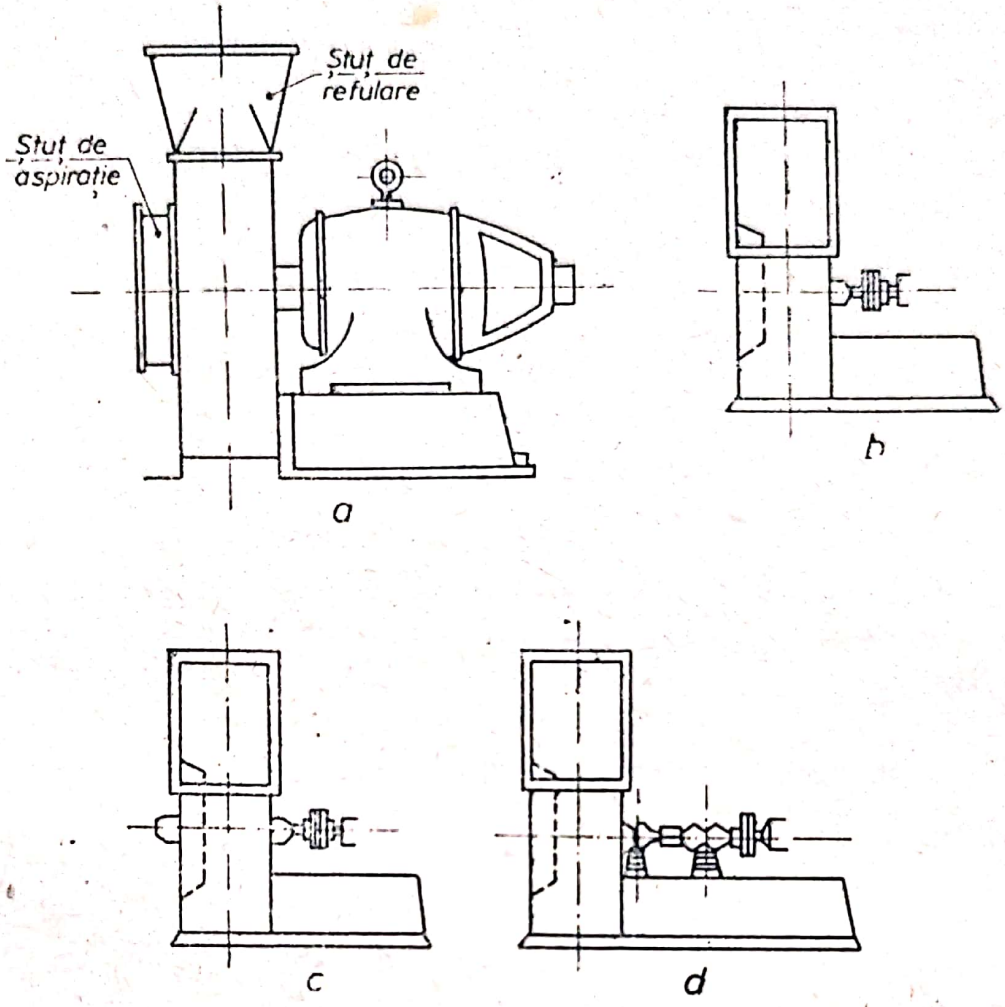


Fig. IV.37. **Cuplaje :**

a — **aparat cuplat direct cu motorul electric ;** *b* — **legătura unui aparat printr-un cuplaj rigid ;** *c* — **aparat acţionat de un motor printr-un cuplaj elastic cu lagăre pe ambele părţi ;** *d* — **legătura unui aparat cu motorul printr-un cuplaj elastic cu lagăre pe o singură parte.**

puri, mai constă şi în faptul că montajul (sau demontajul) motorului este foarte simplu. Pentru aceasta este suficient să se apropie sau să se depărteze motorul de aparat, fără alte operaţii. În fig. IV.38 este arătat în detaliu un astfel de cuplaj.

Fiecare disc de cuplaj se fixează de arbore cu pene ale căror caracteristici normale sînt date în fig. IV.39. Pentru a preveni deplasarea axială se fixează în butucurile discurilor de cuplaj şuruburi de siguranţă cu contrapiuliţe, ale căror capete se îngroapă în pană prin teşire. În tabelul IV.8 sînt date dimensiunile acestor pene în funcţie de diametrul axului.

Scanned with OKEN Scanner

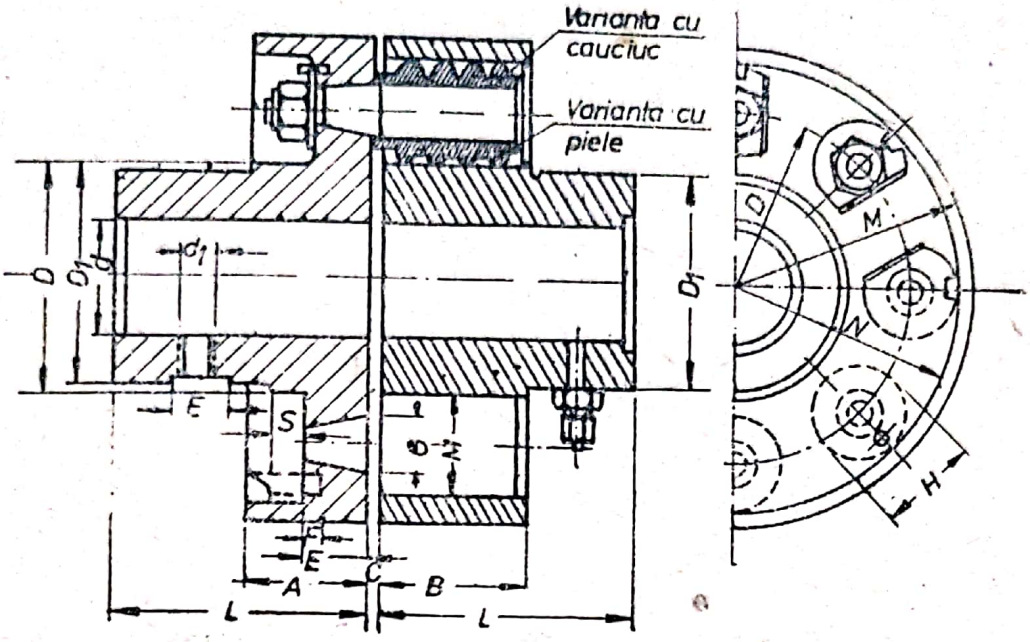


Fig. IV.38. **Cuplaj electric.**

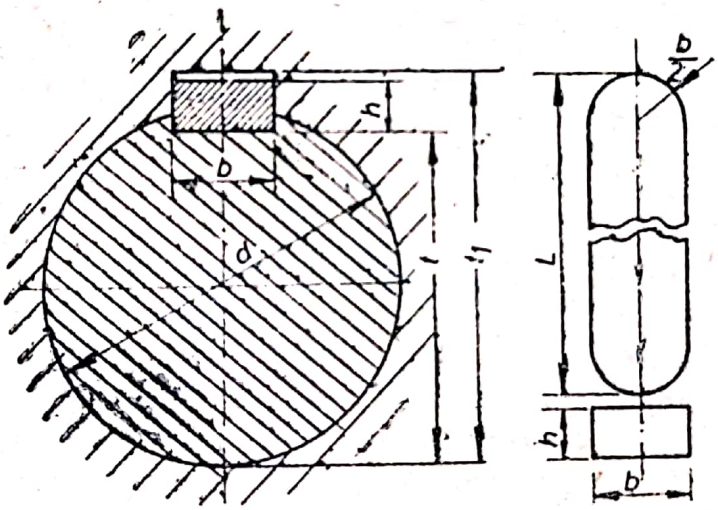


Fig. IV.39. **Pene normale.**

Fiecare disc de cuplaj poate fi conducător sau condus. Arborii îmbinaţi trebuie să aibă aceeaşi axă geometrică. Coincidenţa axelor geometrice se controlează cu un aparat numit minimetru.

8) *Bucşele bolţurilor se execută din mai multe inele de cauciuc sau din piele dintr-o singură bucată de cauciuc.*

9) *În cazul unor diferenţe mari între axele geometrice ale arborilor îmbinaţi* se observă o uzură pronunţată a bucşelor de pe bolţuri, astfel că după praful strîns dedesubtul cuplajului se poate aprecia descentrarea arborilor şi se pot lua măsurile corespunzătoare

Tabelul IV.8. **Dimensiunile penelor**

Dimensiunile penelor normale [mm]						Toleranțele		Greutatea [g]
d	b	h	t	t_1	L	+b	+h	
45	14	9	40	49,3	80	6	20	54
55	16	10	50	60,3	100	6	20	114
65	18	11	59,5	70,8	120	7	25	174
70	20	12	64	76,3	130	7	25	150
75	20	12	69	81,3	140	7	25	248
80	24	14	73	87,3	150	7	25	268
85	24	14	78	92,3	160	7	25	375

Toleranțele sînt date în sutimi de mm numai pentru dimensiunile *b* și *h*. Forma lor este prismatică. Atît forma, cît și oțelul din care se confecționează sînt conform STAS.

toare pentru înlăturarea uzurii bucșelor, centrîndu-se încă o dată arborii cu minimetrul.

* * *

Concluzii. Scopul exploatării unei instalații este de a funcționa continuu și la parametrii pentru care a fost concepută, iar uzura aparatelor și pieselor respective să fie normală și să respecte numărul de ore de funcționare prescris. Întrucît fluidele de epurat la cele mai multe întreprinderi industriale conțin praf abraziv, aparatele de antrenare a fluidelor de epurat trebuie păzite pe cît posibil de acest mare inconvenient care le poate scurta foarte mult durata de funcționare.

Prima măsură care trebuie avută în vedere este ca, acolo unde este posibil, aparatele de antrenare să fie plasate la finele instalațiilor, lucrînd prin aspirație.

Montarea aparatelor de antrenare la finele instalațiilor creează două mari avantaje :

1) Praful abraziv din fluidul de epurat, trecînd prin aparatele de epurare, își reduce simțitor conținutul fluidul intrînd în aparatele de antrenare curat, deci pericolul de abraziune este foarte mult redus, dacă nu chiar total.

Scanned with OKEN Scanner

2) În circuitul lor gazele de epurat trecît prin aparatele de epurare se răcesc și datorită acestui fapt își micșorează de asemenea simțitor volumul, dînd posibilitatea dimensionării unor aparate de antrenare mai reduse.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL V

EXPLOATAREA CONDUCTELOR ȘI CANALELOR DE TRANSPORT A FLUIDULUI DE EPURAT

V.1. CONDUCTE

Deși despre această parte a instalațiilor de epurare a aerului atmosferic s-a mai vorbit la capitolul anterior (II.3), cu ocazia măsurilor ce trebuie luate pe durata preluării, problemele care se pun în continuare sînt cu totul de altă natură.

V.1.1. REZISTENȚA CODUCTELOR

Deoarece în timpul exploatării apare de multe ori necesitatea înlocuirii unor conducte sau a unor părți de conducte, datorită uzurii sau datorită modificărilor specificului întreprinderii pe care o deservește instalația de epurare respectivă, în ajutorul organelor care au în sarcină exploatarea instalațiilor de epurare se pun la dispoziție următoarele date stabilite din practica exploatării.

Grosimea pereților conductelor se verifică cu relația:

$$s = \frac{p\, d_i}{200\, \sigma_p\, \varphi - 2p} + C = \frac{p\, d_e}{200\, \sigma_p\, \varphi + 2p} + C \; [mm]; \qquad (V.1)$$

p = presiunea fluidului [kgf/cm²];
d_i = diametrul interior al conductei [mm];
d_e = diametrul exterior al conductei [mm];
σ_p = tensiunea admisibilă în peretele conductei [kgf/mm²];
φ = coeficientul de calitate a cusăturii se determină:

— pentru cusătură cap la cap cu completarea rădăcinii executată manual se ia $\varphi = 0{,}85$;

— pentru țevi fără cusătură $\varphi = 1$;

— adaosul de coroziune se determină cu relația $C = c_{cr} U$;

c_{ep} = viteza de coroziune în [mm/ani];
u = durata propusă pentru funcționare

În cazul curburilor cu $R < 5d$, se introduce la numitorul formulei (V.1) coeficientul suplimentar:

$$\varphi_1 = \frac{1,1}{1 + \frac{d_e}{2R}}; \quad d_e = \text{diametrul exterior al conductei.} \quad (V.2)$$

Tensiunile admisibile stabilite de asemenea din practică sînt:

1) *La temperaturi ale fluidului pînă la 250°C se ia valoarea:*

$$\sigma_p = \sigma_c^{20} \cdot 4 \text{ și } \sigma_p = \sigma_s^t / 1,8; \quad (V.3); \quad (V.4)$$

σ_c^{20} = rezistența limitei de curgere a materialului din care este confecționată conducta;
σ_f^t = rezistența limitei de fluaj a materialului din care este confecționată conducta (acești coeficienți se găsesc în STAS-urile pentru conductele respective).

2) *La temperaturi ale fluidului peste 250°C se folosește relația (V.4), iar la oțel carbon relația:*

$$\sigma_p = \sigma_s^t \cdot 1,9. \quad (V.5)$$

3) *La conducte cu pereții groși la care raportul $d_e / d_i > 1,1$ pentru grosimea pereților conductei se pot folosi relațiile:*

$$s = \frac{d_i}{2}\left[1 - \sqrt{\frac{100\,\sigma_p + p}{100\,\sigma_p - p}}\right] + C; \quad s = \frac{d_e}{2}\left[1 - \sqrt{\frac{100\,\sigma_p - p}{100\,\sigma_p + p}}\right] + C. \quad (V.6); \ (V.7)$$

Tensiunea se verifică cu relația:

$$\sigma = \frac{p}{100}\left[\frac{d_e - 2(s - C)}{s - C}\right]. \quad (V.8)$$

V.1.2. CĂDEREA DE PRESIUNE ÎN CONDUCTE

Pierderile prin frecare în porțiunile drepte ale conductelor se pot verifica cu relația:

$$\Delta p = \xi \frac{l}{d} \times \frac{w^2}{2g}\gamma = \xi \frac{0,64}{10^8} \times \frac{G^2}{d^5 \gamma} l = \xi \frac{0,64}{10^8} \times \frac{V^2 \gamma}{d^5} [kgf/m^2]; \quad (V.9)$$

Scanned with OKEN Scanner

ξ = coeficientul de frecare;
l = lungimea conductei [m];
d = diametrul interior al conductei [m];
G = debitul gravimetric al fluidului în conductă [kgf/s];
w = viteza în conductă [m/s];
γ = greutatea specifică a fluidului [kgf/m^3];
V = debitul volumetric al fluidului în conductă [m^3/h].

Coeficientul ξ depinde de numărul lui Reynolds (Re) și de asperitatea suprafeței interioare a conductei (rugozitate).

În asemenea cazuri Re este:

$$Re = \frac{wd\gamma}{\mu g} = \frac{wd}{\nu} = 0{,}36 \times 10^{-4} \frac{G}{d\mu}; \qquad \text{(V.10)}$$

μ = viscozitatea dinamică [kgfs/m^2];
υ = viscozitatea cinematică = $\mu g/\gamma$ [m^2/s] (Stokes);
g = 9,81 m/s^2 = accelerația gravitației.

Caracteristicile fluidelor întîlnite în mod normal în instalațiile de epurare sînt arătate în tabelele V.1; V.2; V.3; V.4 și V.5.

Tabelul V.1.

Caracteristicile unor fluide întîlnite mai des în instalațiile de epurare

Denumirea fluidului	Formula chimică	Numărul atomilor în moleculă	Greutatea moleculară	Greutatea specifică (la 0°C și 760 mm Hg)	Constanta gazelor R	Puterea calorică [kcal/m^{3}N]	
						Superioară	Inferioară
Vapori de apă	H_2O	3	18,02	0,804	47,77	—	—
Aer uscat	—	—	28,95	1,293	29,27	—	—
Oxid de carbon	CO	2	28,06	1,250	30,29	3 018	3 018
Bioxid de sulf	SO_2	3	64,07	2,926	13,24	—	—
Bioxid de carbon	CO_2	3	44,00	1,977	19,145	—	—

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul V.2. **Căldura specifică medie a unor fluide la presiune constantă și la diferite temperaturi întîlnite în instalațiile de protejare a aerului atmosferic**

Temperatura [°C]	Căldura specifică [kcal/m³N°C]										
	CO_2	N_2	H_2O	O_2	Aer uscat	Aer umed	CO	H_2	H_2S	CH_4	C_2H_4
0	0,3870	0,3103	0,3123	0,3562	0,3107	0,3164	0,311	0,305	0,362	0,374	0,422
100	0,4108	0,3108	0,3151	0,3587	0,3117	0,3174	0,311	0,308	0,368	0,395	0,503
200	0,4318	0,3112	0,3193	0,3624	0,3128	0,3186	0,313	0,310	0,376	0,422	0,556
300	0,4492	0,3124	0,3244	0,3673	0,3148	0,3307	0,315	0,311	0,384	0,452	0,604
400	0,4642	0,3146	0,3295	0,3724	0,3177	0,3237	0,318	0,311	0,393	0,483	0,650
500	0,4885	0,3175	0,3345	0,3781	0,3210	0,3271	0,321	0,312	0,402	0,512	0,691
600	0,4918	0,3205	0,3390	0,3840	0,3244	0,3305	0,325	0,313	0,411	0,547	0,728
700	0,5034	0,3237	0,3432	0,3902	0,3278	0,3340	0,328	0,314	0,420	0,569	0,762
800	0,5139	0,3268	0,3470	0,3965	0,3311	0,3374	0,332	0,315	0,429	0,596	0,798
900	0,5234	0,3300	0,3502	0,4028	0,3342	0,3406	0,335	0,316	0,437	0,620	0,824
1.000	0,5318	0,3329	0,3535	0,4092	0,3372	0,3437	0,338	0,317	0,445	0,644	0,852

Tabelul V.3. **Coeficientul de viscozitate dinamică a unor fluide întîlnite în instalațiile de epurare a aerului, în kgf.s/m²**

t [°C]	O_2	N_2	CO_2	H_2O abur	Gaze de ardere părți CO_2 = 13% părți H_2O = 11%
0	1,98	1,70	1,41	0,834	1,61
100	2,51	2,14	1,88	1,230	2,08
200	2,97	2,52	2,31	1,640	2,50
300	3,38	2,86	2,69	2,040	2,88
400	3,75	3,18	3,05	2,440	3,23
500[1]	4,09	3,48	3,38	2,830	3,56

[1] Pentru temperaturi mai ridicate valorile se găsesc în manualele de specialitate.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul V.4. **Coeficientul de conductibilitate termică a unor fluide întîlnite în instalațiile de epurare a aerului**

t [°C]	N_2	CO_2	H_2O abur	Gaze de ardere părți CO_2 = 13% părți H_2O = 11%
0	209	119	134	190
100	264	186	205	251
200	313	256	284	310
300	360	322	373	369
400	405	389	470	427
500[1]	449	460	575	484

[1] Pentru temperaturi mai ridicate valorile se găsesc în manualele de specialitate.

Tabelul V.5. **Parametrii fizici ai aerului uscat la p = 1 kgf/cm² (735,5 mmHg)**

Temperatura t [°C]	Greutatea specifică γ [kgf/m³]	Căldura specifică **Cp** [kcal/kg. °C]	Conductibilitatea termică 10^4 [kcal/m.h.°C]	Viscozitatea dinamică 10^6 μ [kgf.s/m²]	Viscozitatea cinematică 10^6 ν [m²/s]
1	2	3	4	5	6
—50	1,534	0,242	175	1,49	9,54
—20	1,365	0,241	194	1,66	11,93
0	1,252	0,241	204	1,75	13,76
10	1,206	0,241	211	1,81	14,70
20	1,164	0,242	217	1,86	15,70
30	1,127	0,242	222	1,91	16,61
40	1,092	0,242	228	1,96	17,60
50	1,056	0,243	234	2,00	18,60
60	1,025	0,243	241	2,05	19,60
70	0,996	0,243	246	2,08	20,40
80	0,968	0,244	252	2,14	21,70
90	0,942	0,244	258	2,20	22,90

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul V.5 (continuare)

1	2	3	4	5	6
100	0,916	0,244	264	2,22	23,78
120	0,870	0,245	275	2,32	26,20
140	0,827	0,245	286	2,40	28,45
160	0,789	0,246	296	2,46	30,60
180	0,755	0,247	367	2,55	33,17
200	0,723	0,247	318	2,64	35,82
250	0,653	0,249	342	2,85	42,80
300	0,596	0,250	369	3,03	49,90
350	0,549	0,252	393	3,21	57,50
400	0,508	0,253	417	3,36	64,90
500	0,450	0,256	464	3,69	80,40

În fig. V.1 se dă un grafic care permite transformarea rapidă a viscozității cinematice (Stokes) în viscozitate convențională (Engler).

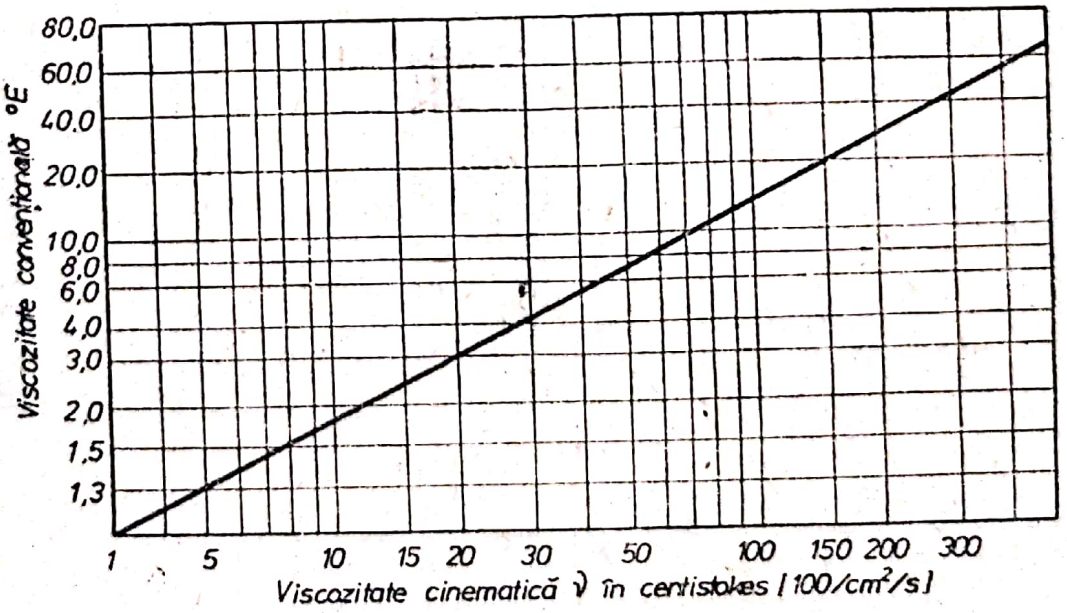


Fig. V.1. **Diagramă pentru transformarea viscozității cinematice în viscozitate convențională** (grade Engler).

Valorile coeficientului de frecare ξ se pot deduce din fig. V.2.

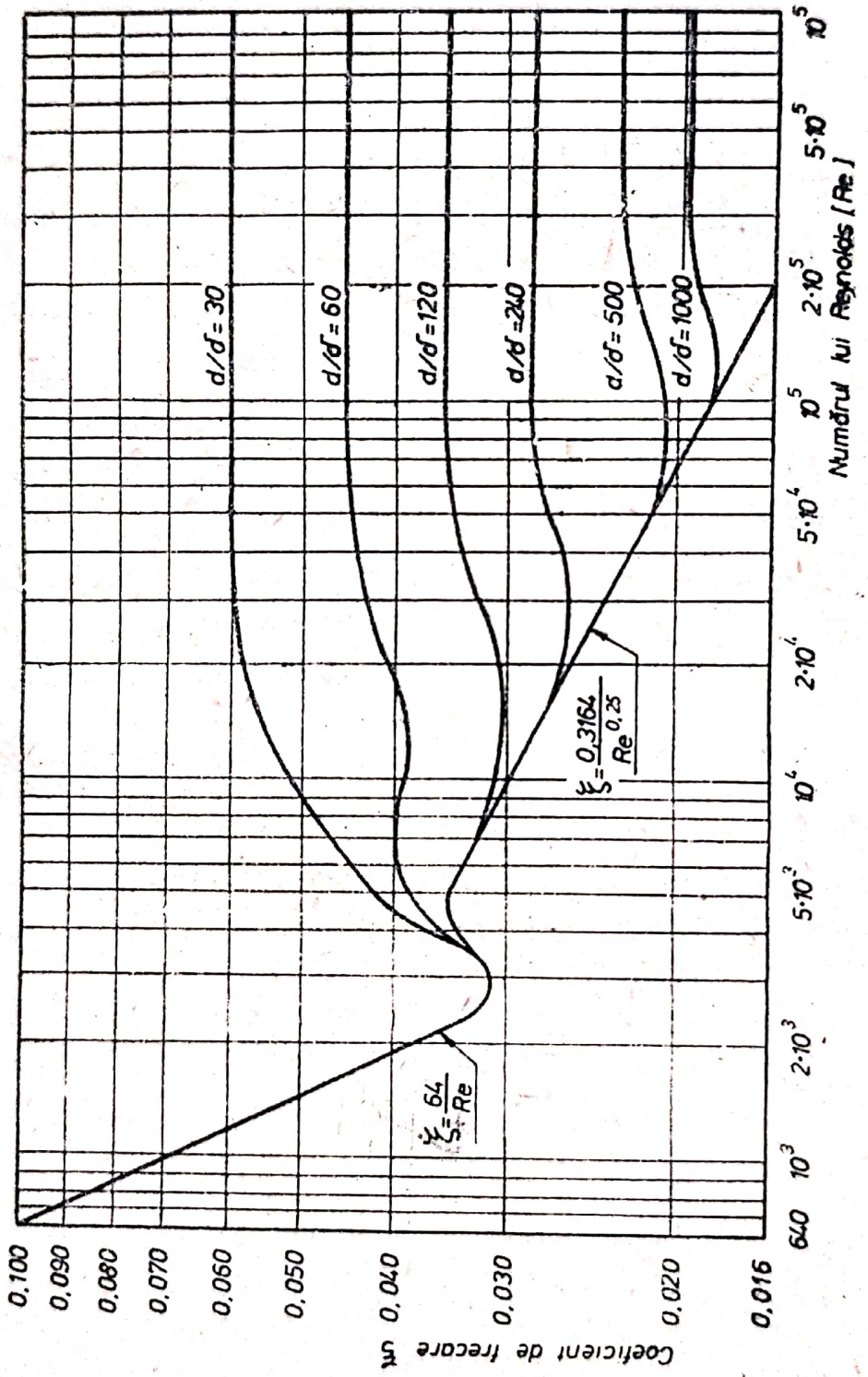


Fig. V.2. Coeficientul de frecare ξ în funcţie de Re şi rugozitatea conductelor.

În cazul energiei turbulente cu Re = 3000 . . . 100 000 coeficientul ξ se verifică cu relația :

$$\xi = \frac{0,3614}{Re^{0,20}}. \qquad \text{(V.11)}$$

Pentru valorile lui Re – 10^5 ... 10^6 coeficientul de frecare ξ depinde numai de rugozitatea pereților și se poate verifica cu relația :

$$\xi = \frac{1}{\left(1,74 + 21\, g\frac{r}{\delta}\right)^2} = \frac{1}{\left(1,14 + 21\, g\frac{d}{\delta}\right)^2}; \qquad \text{(V.12)}$$

r = raza conductei [mm] ;
d = diametrul conductei [mm] ;
δ = rugozitatea absolută (înălțimea asperităților), [mm].

În fig. V.2 s-au trasat curbele ξ pentru d/δ de la 30 la 1 000.

Rugozitatea absolută din practică se poate lua :

1) *Pentru conducte noi din oțel și fontă cu flanțe* $\delta = 0,1...0,2$.
2) *Idem, cu coroziune slabă și depuneri puține* $\delta = 0,2...0,3$.
3) *Pentru conducte vechi din oțel și fontă* $\delta = 0,5...2,0$.

Coeficientul calculat cu relația (V.11) pentru Re = 10^5... 10^8 și δ = 0,2 mm la diferite diametre de conducte este :

d [mm]	25	30	40	50	60	80	100	120
ξ	0,0352	0,0332	0,0304	0,0284	0,0270	0,0250	0,0234	0,0224
d [mm]	150	200	250	300	350	400	500	
ξ	0,0211	0,0196	0,0186	0,0178	0,0172	0,0167	0,0159	

Valorile ξ pentru rezistențele locale ale organelor de închidere sînt date în fig. V.3.

Coeficienții de rezistență la ramificații se pot verifica cu relația :

$$\zeta = \zeta_0\, \zeta_{curba}\, \zeta_{unghi}; \qquad \text{(V.13)}$$

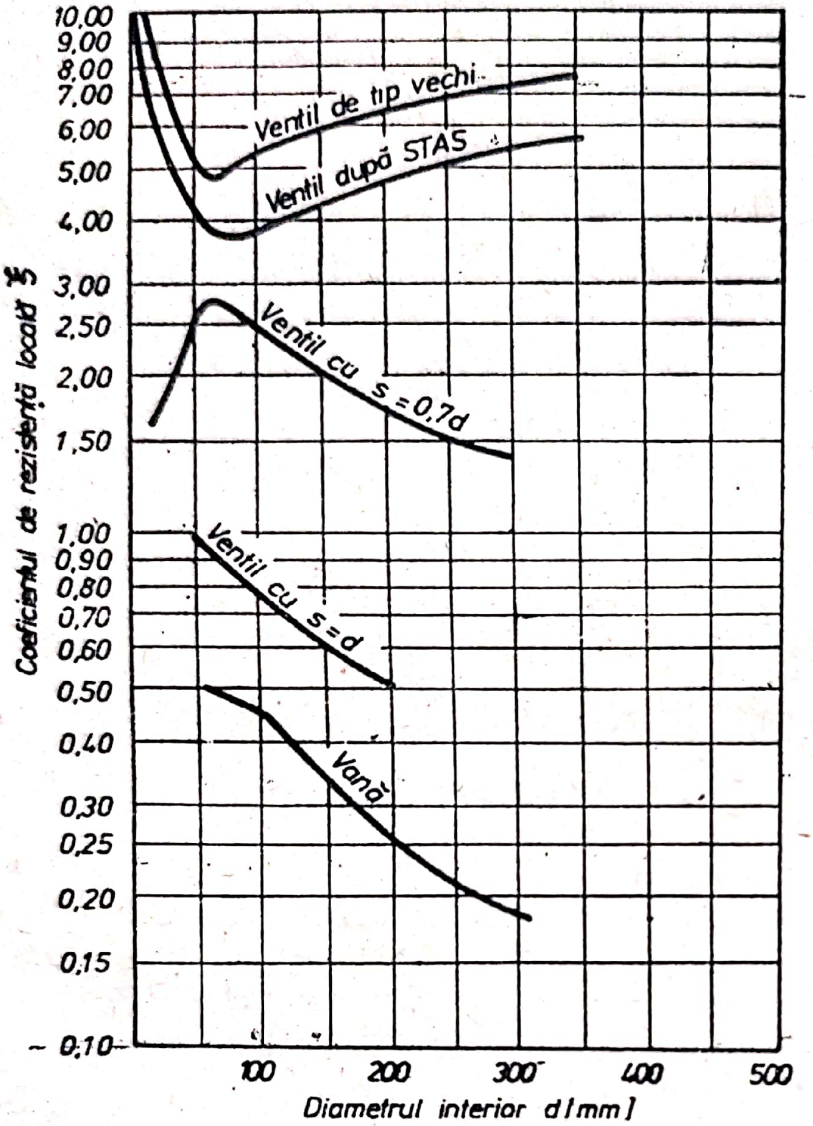


Fig. V.3. Coeficienţii de rezistenţă totală a armăturilor conductelor.

ξ_0 = coeficientul care depinde de Re, adică :

Re	$20 \cdot 10^3$	$40 \cdot 10^3$	$60 \cdot 10^3$	$80 \cdot 10^3$	$100 \cdot 10^3$	$200 \cdot 10^3$	$380 \cdot 10^3$	$500 \cdot 10^3$	$700 \cdot 10^3$
ζ_0	2,00	1,50	1,40	1,30	1,25	1,12	1,08	1,00	0,90

ζ_{curba} = coeficientul care depinde de raza de curbură a curbei respective, adică de R/d, adică :

R/d	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,25
ζ_{curba}	1,10	0,73	0,47	0,33	0,23	0,19	0,155
R/d	1,50	2,00	2,50	3,00	10	15	20
ζ_{curba}	0,135	0,118	0,105	0,12	0,06	0,045	0,04

Scanned with OKEN Scanner

ζ_{unghi} = coeficientul care depinde de unghiul curbei α, adică :

α	20°	40°	60°	80°	90°	100°	120°	140°	160°	180°
ζ_{unghi}	0,34	0,60	0,80	0,93	1,00	0,07	1,117	1,125	1,33	1,40

Coeficientul de rezistenţă la coturi se ia 1,05.

V.1.3. IZOLAREA CONDUCTELOR

La temperatura aerului înconjurător de 25°C, temperatura suprafeţei exterioare a izolaţiei nu trebuie să depăşească 70°C. Materialele de izolare folosite trebuie astfel alese încît grosimea izolaţiei δ_{iz} să nu depăşească următoarele dimensiuni :

δ_{iz} [mm]	65	110	120	125	130	135	140	145	150
d_{cond} [mm]	55	110	160	215	265	325	375	425	530

Pierderile maxime de căldură prin izolaţie nu trebuie să depăşească valorile indicate în tabelul V.6.

Tabelul V.6.

Pierderile maxime de căldură admisibile prin izolaţie

Diametrul exterior al conductei neizolate [mm]	Pierderile de căldură pe 1 m liniar de conductă [kcal/m. h] la temperatura fluidului [°C]							
	100	150	200	250	300	350	400	450
57	60	80	90	—	—	—	—	—
108	85	110	130	165	180	200	220	245
159	105	135	165	195	215	230	265	290
216	120	160	195	235	260	285	315	345
267	135	185	220	265	295	330	365	395
325	155	210	245	300	335	365	410	445
376	170	230	280	330	365	400	445	490
427	185	255	305	355	395	430	475	525
529	220	295	350	410	455	500	545	600

Scanned with OKEN Scanner

Pierderile de căldură pe 1 m² suprafață exterioară a izolației [kcal/m²] sînt următoarele :

—	La temperatura fluidului [°C]							
	100	150	200	250	300	350	400	450
Pentru conducte	100	130	150	170	185	200	215	230
Pentru suprafețe plane	100	130	150	180	200	225	250	280

Grosimea izolației pentru o pierdere de căldură dată :

$$\delta_{iz} = 2{,}75 \frac{d_1^{1{,}2} \, \lambda_{iz}^{13{,}5} \, t_1^{1{,}73}}{q_1^{1{,}5}} [mm]; \qquad (V.14)$$

d_1 = diametrul conductei izolate [mm] ;
t_1 = temperatura conductei [°C] ;
λ_{iz} = coeficientul de conductibilitate termică a izolației [kcal/m.h.°C] ;
q_1 = pierderile de căldură pe 1 m liniar de conductă [kcal/m.h.].

Formula (V.14) este valabilă cînd temperatura mediului înconjurător este în jurul a 20°C. În cazul în care această temperatură diferă, pierderile de căldură se reduc cu 1,5% pentru fiecare 5°C de creștere a temperaturii.

Verificarea unei izolații existente la conducte se poate face cu relația :

$$q_1 = 3{,}14 \, k_1 \, (t_{m1} - t_{m2}) \, [kcal/m.h]; \qquad (V.15)$$

t_{m1} = temperatura fluidului care trece prin conductă în [°C] ;
t_{m2} = temperatura mediului înconjurător [°C] ;
k_1 = coeficientul liniar de transmitere a căldurii (pe 1 m liniar de conductă), [kcal/m.h.°C] ;

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{2{,}3}{2\lambda_{iz}} \cdot lg \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} [kcal/m.h.^0C] \; ; \qquad (V.16)$$

α_1 = coeficientul de schimb superficial de căldură între fluid și peretele conductei [kcal/m².h.°C] ;
d_1 = diametrul exterior al conductei [m] ;
d_2 = diametrul exterior al izolației [m] ;
α_2 = coeficientul de schimb superficial de căldură între suprafața exterioară a izolației și mediul înconjurător [kcal/m².h.°C].

Scanned with OKEN Scanner

Mărimea $1/\alpha_1 d_1$ care este relativ mică poate fi neglijată.

Coeficientul de schimb superficial de căldură α_2 se deduce din relația :

$$\alpha_2 = 8{,}4 + 0{,}06\,(t_2 - t_{m2})\,; \qquad \text{(V.17)}$$

t_2 este temperatura suprafeței exterioare a izolației [°C].

Întrucît fluidul de epurat circulă adesea și prin canale cu suprafețe plane, pierderile de căldură prin acestea se verifică cu relația :

$$q = k(t_{m1} - t_{m2})\ [kcal/m^2.h]\,; \qquad \text{(V.18)}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{1}{\alpha_2}} \approx \frac{1}{\frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{1}{\alpha_2}}. \qquad \text{(V.19)}$$

Pierderile de căldură pe 1 m² suprafață exterioară a unei conducte se verifică cu relația :

$$q = 0{,}318\,\frac{q_1}{q_2}\,[kcal/m^2.h]. \qquad \text{(V.20)}$$

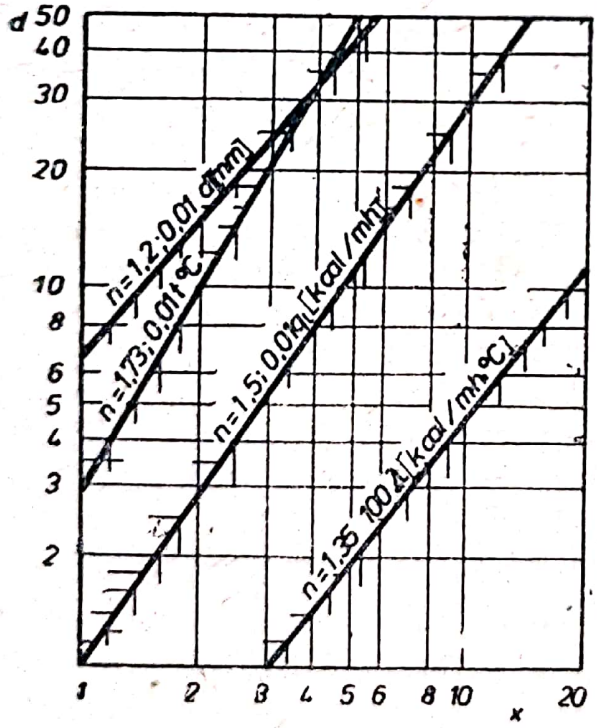


Fig. V. 4. **Diagramă auxiliară la relația V. 13 (I).**

În fig. V.4 se dă o diagramă auxiliară care ajută la determinarea unor parametri de care s-a vorbit mai înainte și anume : pe abscisă se înseamnă $x = 100\lambda_{iz}$; $0{,}01q_1$; $0{,}01d_1$ și $0{,}01t_1$; cu cele 4 drepte din figură se determină pe axa ordonatelor valoarea $y = 100(\lambda_{iz})^{1{,}35}$; $0{,}01\ q^{1{,}5}$; $0{,}01\ d_1^{1{,}2}$ și $0{,}01\ t_1^{1{,}73}$. De exemplu :

$$\lambda_{iz} = 0{,}15\,;\ x = 100\lambda_{iz} = 15\,;\ y = 7{,}8 = 100\lambda_{iz}^{1{,}35}\,;\ \lambda_{iz}^{1{,}35} = 0{,}078.$$

V. 1.4. MATERIALE TERMOIZOLANTE

Materialele termoizolante sînt foarte multe și sînt specifice fiecărei țări. În țara noastră cel mai răspîndit material este *vata minerală (lîna minerală)*. În funcție de necesități, se utilizează o gamă largă de astfel de materiale. Pentru informarea celor care

urmăresc exploatarea instalaţiilor de epurare se dă tabelul V.7, în care se arată un variat număr de materiale izolante utilizate în producţie. Se dă acest tabel deoarece există instalaţii care se procură din import şi firmele care le livrează execută izolarea cu materialele care se utilizează în mod obişnuit. Caracteristicile din acest tabel dau posibilitatea ca în caz de înlocuiri de părţi de conducte sau de reparaţii, să nu se mai apeleze la importul acestor materiale şi să se utilizeze cele locale cu caracteristici apropiate.

Greutatea materialului vărsat (col. 3) se dă pentru *materialele izolante care se livrează sub formă de praf (în saci: nevell, sovelit) sau în vrac (azbotermit etc.)*. Din aceste materiale se execută *izolarea cu pastă*. Pe suprafaţa caldă care trebuie izolată se aşterne un strat de azbest de 5 mm grosime, iar pe acesta stratul izolant principal din material izolant amestecat cu apă. Pe stratul principal se aplică un strat egalizator din acelaşi material de 5—10 mm grosime.

Cărămida de diatomită şi *diatomita spongioasă* se livrează sub formă de piese fasonate: *plăci, cărămizi, segmenţi*. Piesele se montează pe suprafaţa care trebuie izolată (fără a o încălzi) cu ajutorul unei carcase sau sîrme; rosturile se lipesc cu pastă şi izolaţia se tencuieşte cu un strat de 10—15 mm. *Izolaţia de azbest* se foloseşte pentru utilaj mărunt, pentru utilaj supus vibraţiilor şi în cazul în care izolaţia trebuie să fie flexibilă şi demontabilă. *În afară de sfoară şi plăci se folosesc saltele din plăci de azbest.*

Un material izolant căruia în special în ultimii ani i s-a dat o deosebită atenţie este *vata de sticlă*. Acest material posedă în mare parte calităţile unui bun izolant avînd un coeficient de conductibilitate termică foarte scăzut, fiind rezistent la acţiunile chimice şi mecanice ale atmosferei şi fiind neinflamabil. În plus oferă avantajul că se poate procura în forme foarte variate, astfel ca să se adapteze cu uşurinţă suprafeţelor de izolat. Pentru izolarea conductelor de diametre diferite se execută din vată de sticlă forme cilindrice în lungimi normale de 1 m care se pot folosi cu mare uşurinţă.

Din vată de sticlă se mai pot face *îmbrăcăminţi* în lăţimi normale de 0,50 — 1,00 m la grosimi diferite şi în lungimi pînă la 10,00 m, *fîşii* sau *frînghii* cu ajutorul cărora se pot rezolva toate cazurile de izolări.

Vata de sticlă se poate obţine cusută pe carton, iută, sau împletituri de sîrmă.

Pentru izolări care trebuie demontate din cînd în cînd se pot executa *saltele din vată de sticlă.*

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul V.7. **Caracteristicile unor materiale termoizolante**

Materialul	Compoziția	Greutatea materialului vărsat [kgf/m³]	Greutatea unității de volum a izolației executante [kgf/m³]	Coeficientul de conductibilitate calorică [kcal/m.h.°C]	La temperatura °C	Temperatura fluidului care trece prin conducta care trebuie izolată t [°C]
1	2	3	4	5	6	7
Alfol	Foițe de aluminiu	—	20	0,04	50	Pînă la 225
Fire de azbest	—	470	—	0,095	50	
Plăci de azbest	—	—	770	0,14 0,15	50 150	Pînă la 225
Sfoară de azbest	80% azbest + 20% bumbac	—	470	—	—	Pînă la 300
Asbozurit	70% dolomită + 30% azbociment	340	700—800	0,16	100	
Asbomică	20% dolomită + 40% kiselgur + 20% ardezic + 20% azbest	500	600	0,13	150	Pînă la 500
Asbotermit	70% ardezic + 15% diatomită + 15% azbest	400	350—600	0,11 0,13	100 150	Pînă la 500
Pîslă de lînă	—	—	330	0,045	30	Izolație la rece
Vulcanit	—	—	400	0,078	—	Izolație la rece
Fărămituri de diatomită	—	—	500—550	0,11 0,13	50 150	Pînă la 450
Novoasbozurit	70% diatomită + 15% ardezic + 15% azbest	400	620	0,13 0,14	50 150	Pînă la 250
Lînă minerală	—	—	160—200	0,030 0,035	50 150	Pînă la 800

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul V.7 (continuare)

1	2	3	4	5	6	7
Newell	85% magneziu ușor + 15% azbest	180	350—400	0,08 0,09	200 300	Pînă la 250
Rumeguș de lemn	—	200	—	0,06	20	Pînă la 400
Cărămidă de diatomită spongioasă	Diatomită spongioasă	—	400	0,08 0,11	50 150	Pînă la 800
Piăci de plută	—	—	190	0,036	30	Izolație rece
Sovelit	85% dolomită + 15% azbest	230	450—500	0,09 0,10	200 300	Pînă la 425
Vată de sticlă	—	—	200	0,032	0	Idem
Plăci de turbă	Turbă de mușchi presată	—	170—250	0,04 0,05	0 35	Izolație rece
Sevelin	Văl de in și hîrtie impermiabilă	—	150—250	0,035 0,04	0 0	Pînă la 700
Vată de sgură	—	—	250	0,06	100	Pînă la 700

Executarea izolării depinde de felul materialului izolant. *Oricare ar fi sistemul de izolare întrebuințat, conducta trebuie înfășurată cu un bandaj pentru a evita destrămarea materialelor izolante.*

V.1.5. MATERIALE PENTRU GARNITURI DE ETANȘARE

Alegerea acestor materiale este foarte importantă întrucît la instalațiile care trebuie să epureze fluide nocive, scăparea acestora pe la îmbinarea conductelor sau armăturilor (șubere, vane etc) poate deveni periculoasă mediului înconjurător. Aceste materiale sînt variate și depind de firma care livrează instalația, care la rîndul ei (firma) este legată de firmele specializate în producerea acestor materiale. În tabelul V.8 sînt date caracteristicile unor astfel de materiale întîlnite mai des în exploatarea instalațiilor de protejare a aerului atmosferic.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul V.8. **Limitele de folosire a unor materiale pentru garnituri de etanșare întîlnite în instalațiile de protejare a aerului atmosferic**

Denumirea	Valori maxime		Grosimea garniturilor [mm]	Observații
	Presiunea de regim [ats]	Temperatura [°C]		
A. Garnituri pentru apă				
Pînză	1,5	50	—	Cu miniu sau alb de zinc
Țesătură de cînepă	3,0	40	2—6	Pînă la diametrul de 500 mm
Cauciuc	3,0	40	de la 4 pînă la 6	La dimensiuni mai mari, cauciuc cu sită metalică
Cauciuc cu inserție de pînză	6,0	60	3	Pentru garnituri provizorii la probe hidraulice pînă la 50 at. și 40°C
Cauciuc cu sită metalică	10,0	80	3—4	
Carton tehnic din cîrpe	16,0	100—200	3	
Pasta „Phoenix"	16,0	200	—	—
Idem cu inserție	25,0	40	—	—
Garnituri inelare din cupru	35,0	—	—	—
Oțel moale	60—140	Nelimitat	—	Garnituri ondulate cu umplutură de grafif și azbest
B. Garnituri pentru gaze și aer				
Azbest	1,5	650	4	

V.1.6. REZISTENȚA DRUMULUI FLUIDELOR DE EPURAT ÎN CONDUCTE

Rezistența la frecare se poate verifica cu relația :

$$\Delta h_{pr} = \xi \frac{l}{d_e} \times \frac{w^2}{2\,g} \gamma_{fl} \; [mm\ H_2O]; \qquad \text{(V.21)}$$

Scanned with OKEN Scanner

ξ = coeficientul de frecare (deducerea acestuia a fost arătată la § V.1.2);
g = accelerația gravitației [m/s^2];
l = lungimea conductei [m];
d_e = diametrul echivalent [m];
w = viteza curentului de fluid [m/s];
γ_{fl} = greutatea specifică a fluidului [kgf/m^3].

Coeficientul de frecare pentru majoritatea conductelor poate fi luat și în funcție de diametrul echivalent. Astfel:

d_e [m]	0,2	1,0	4,0
Pentru conducte metalice	0,032	0,020	0,016
Pentru canale de zidărie	0,063	0,036	0,025

Diametrul echivalent de la conductele circulare se consideră egal cu diametrul interior.

Valoarea d_e pentru secțiuni necirculare (la canale) este:

$$d_e = 4F/u \ [m]; \qquad (V.22)$$

F = suprafața secțiunii canalului [m^2];
u = perimetrul secțiunii canalului [m].

Valoarea d_e pentru un canal dreptunghiular este:

$$d_e = \frac{2ab}{a+b} [m]; \qquad (V.23)$$

a și b sînt laturile secțiunii dreptunghiulare [m].

Rezistențele locale (cînd nu există schimb de căldură) se verifică cu relația generală:

$$\Delta h_1 = \zeta \frac{w^2}{2g} \gamma_{fl}; \qquad (V.24)$$

ζ este coeficientul de rezistență locală (celelalte semnificații sînt arătate în relațiile anterioare).

Coeficientul ζ pentru curburi line este:

$$\zeta = \zeta_0 \, \zeta_c \, \zeta_u \, \zeta_f;$$

ζ_0 = coeficientul de care se ține seama numai în cazul în care secțiunea conductei (canalului) are dimensiuni mici și vitezele sînt mici (Re $< 700 \cdot 10^3$);

ζ_c, ζ_n = coeficienții care țin seama de raza de curbură a curbei $R : b$ (pentru secțiuni circulare $R : d$) și de unghiul de întoarcere α (fig. V.5.);

ζ_f = coeficientul care ține seama de forma secțiunii (raportul $a : b$ din fig. V.5):

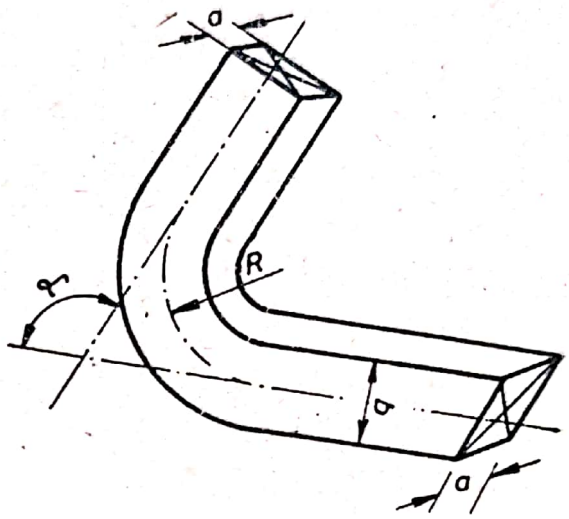


Fig. V. 5. **Detaliu auxiliar la relația V. 13 (II).**

a/b	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	7,50
ζ_f	1,20	1,10	1,00	0,87	0,86	0,90	0,95	1,00

În cazul mai multor curbe consecutive, în urma influenței lor reciproce, rezistența lor trebuie examinată în ansamblu, în funcție de lungimea elementului a (fig. V.6). În tabelul V.9 sînt arătați acești coeficienți datorită unor poziții diferite.

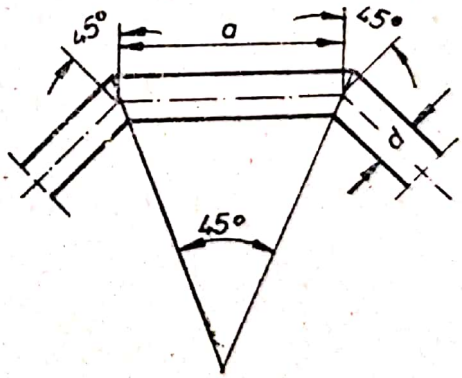


Fig. V. 6. **Detaliu auxiliar la relația V. 13 (III).**

V.1.7. ANCORAREA CONDUCTELOR

În instalațiile de epurare a gazelor sau aerului, în cele mai multe cazuri conductele sînt montate la nivele superioare și ca atare ele trebuie bine fixate pe suporții respectivi, cu excepția locurilor unde trebuie creată posibilitatea ca acestea să poată „lucra" în raport de temperatură și presiune.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul V.9. **Valoarea unor coeficienţi de rezistenţă locală în raport cu viteza fluidului de epurat**

Denumirea	Coeficientului de rezistenţă în raport cu vitezele		
Intrarea în canal cu muchii ascuţite la nivelul peretelui avînd: $\delta : d \geqslant 0{,}05$	$\zeta = 0{,}5$		
Intrarea în canal cu muchii ieşite în afară	Pentru $\delta : d = 0$ Pentru $\delta : d = 0{,}02$	$a : d = 0{,}10$ $\zeta = 0{,}86$ $\zeta = 0{,}61$	$a : d = 0{,}5$ $\zeta = 1{,}00$ $\zeta = 0{,}72$
Intrarea în canal cu muchii rotunjite	Pentru $r : d = 0{,}05$ $\zeta = 0{,}23$ la $a = 0$ $\zeta = 0{,}37$ la $a > 0$	$r : d = 0{,}1$ $\zeta = 0.12$	$r : d \geqslant 0{,}2$ $\zeta = 0{,}01$
	Pentru orice valoare a lui a		
Intrarea în canal cu manşon conic	$\alpha = 60°$	$\zeta = 0{,}10$ pentru $l = d$ $\zeta = 0{,}15$ pentru $l = 0{,}25\ d$	
	$\alpha = 20°$	$\zeta = 0{,}20$ pentru $l = d$ $\zeta = 0{,}42$ pentru $l = 0{,}25\ d$	
Ieşire din canal	$\zeta = 1{,}0$		
Reducţie în canal drept	$\zeta = 0$ la $\alpha \leqslant 20°$ $\zeta = 0{,}1$ la $\alpha = 20 \ldots 45°$ La $\alpha > 45°$ se consideră o îngustare bruscă a secţiunii. La canale cu secţiune dreptunghiulară, dimensiunea d se ia pe diagonala secţiunii		

Scanned with OKEN Scanner

Denumirea	Coeficientul de rezistenţă în raport cu vitezele						
Piesă intercalată în cot sub unghi de 45°	$\zeta = 1{,}05$ pentru $a = 0$ $\zeta = 0{,}36$ pentru $a = d$ şi $a = 3d$ $\zeta = 0{,}28$ pentru $a = 2d$ $\zeta = 0{,}40$ pentru $a = 4d$						
Lărgire bruscă a curentului de la secţiunea F_1 la F_2 conform formulei : $\zeta = \left(1 - \frac{F_1}{F_2}\right)$	F_1/F_2	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
	ζ_{larg}	1,00	0,64	0,36	0,16	0,04	0
Reducerea bruscă a secţiunii curentului de la secţiunea F_2 la F_1 conform formulei : $\zeta = 0{,}5\left(1 - \frac{F_1}{F_2}\right)$	ζ_{red}	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0

$F_2/F_1 = n$ — raportul secţiunilor de ieşire şi de intrare, iar F_1/F_2 invers.

Scanned with OKEN Scanner

Ancorarea conductelor este foarte diferită și ea depinde de traseul conductei, de spațiul pe care îl parcurge (pe lîngă pereți sau aerian pe estacade în exteriorul clădirilor etc.). O bună exploatare a instalațiilor de epurare a gazelor sau aerului este strîns legată de modul cum este executată ancorarea conductelor. În continuare se vor arăta cîteva sisteme de ancorare utilizate mai des în practică.

Înainte de aceasta se reamintește că *variațiile de temperatură provoacă alungirea, respectiv scurtarea unei conducte din oțel cu 1,2 mm / 1 m lungime la fiecare 100°C*. Acest fenomen este foarte important, mai ales la conductele care transportă gaze sau aer la temperaturi ridicate. Pentru a se scoate în evidență această importanță se va arăta care sînt urmările acestui fenomen. Dacă se consideră o conductă lungă de 10 m (lucru destul de des întîlnit în practică) și prin această conductă circulă gaze sau aer cu o temperatură de 400°C (de asemenea cazuri frecvent întîlnite la combinatele metalurgice, centralele termoelectrice și fabricile de ciment), rezultă că pe această lungime va apărea alungirea sau scurtarea următoare :

$$1{,}2 \times 10 \times 4 = 48 \text{ mm} = 4{,}8 \text{ cm}.$$

La lungimi mai mari și la temperaturi mai ridicate această variație este și mai accentuată. Această alungire sau scurtare poate crea mari neajunsuri în exploatare, ducînd pînă la deformarea sau chiar ruperea conductelor, dacă nu se iau măsurile corespunzătoare în timpul exploatării, chiar dacă montajul a fost executat corect și în conformitate cu prevederile din proiect.

La conductele care au lungimi mai mari, deci cînd variațiile ating valori importante, este necesar să se introducă în circuitul acestora dispozitivele numite compensatori, care au rolul de a prelua alungirile sau scurtările. Aceste dispozitive sînt confecționate fie din țeavă de aceeași dimensiune după modelul arătat în fig. V.7, fie de o construcție specială (armonici ; fig. V.8), execu-

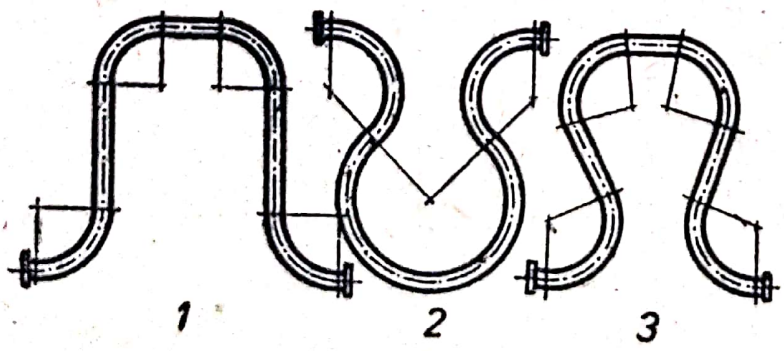


Fig.V. 7. Forme de compensatori tubulari îndoiți: 1 — formă de II ; 2 — formă de liră; 3 — formă de liră cu porțiuni drepte.

Scanned with OKEN Scanner

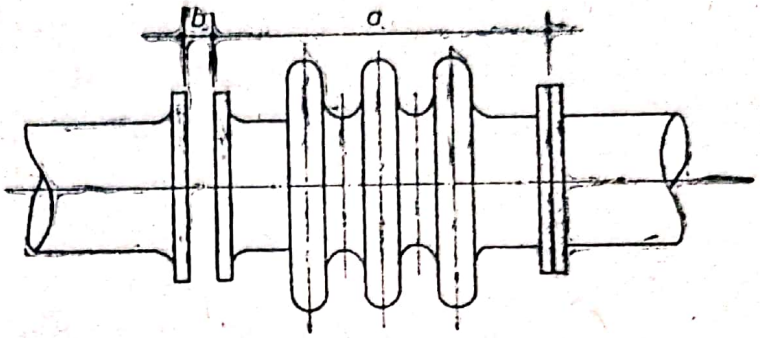


Fig. V.8. **Compensator ondulat.**

tate de firme de specialitate. Pentru funcționarea corectă a compensatorilor este necesară limitarea porțiunii a cărei alungire să fie preluată de aceștia în raport cu proprietatea lor de compensare și asigurarea deplasării libere a conductei în această porțiune.

Pentru aceasta **suporții conductei** se execută în două feluri și anume : *ficși* (puncte moarte) și *mobili*. Punctele fixe sînt necesare pe conductă pentru ca aceasta să ocupe un anumit loc și pentru preluarea eforturilor care se formează în conductă, chiar în cazul în care compensatorii există. Compensatorul trebuie să preia alungirea porțiunii dintre două puncte fixe. Suporții mobili și cei ficși poartă greutatea conductei. La distanțe prea mari între suporți, conducta poate căpăta o încovoiere prea mare, iar la o distanță prea mică numărul suporților devine excesiv, deci neeconomic. În tabelul V.10 sînt arătate distanțele normale stabilite din

Tabelul V.10

Distanțele normale între suporții conductelor orizontale izolate

Diametrul exterior al conductei [mm]	Distanța între suporții conductei [m]	
	Exterioară	În interiorul încăperilor
Pînă la 50	2,0	2,5
De la 50 — 60	2,5	3,0
De la 60 — 85	3,0	3,5
De la 85 — 110	3,5	4,0
De la 110 — 135	4,0	4,5
De la 135 — 180	4,5	5,0
De la 190 — 220	6,0	6,5
De la 220 — 270	6,5	7,0
De la 270 — 350	7,5	8,0
Peste 350	8,0	9,0

Scanned with OKEN Scanner

practică dintre suporţi, legate şi de diametrul conductei. Exemplu de construcţie pentru un suport fix este arătat în fig. V.9, iar pentru unul mobil în fig. V.10. În cazul poziţiei verticale a unei conducte, greutatea porţiunii dispusă vertical trebuie susţinută (fig. V.11), *a)*.

Calculul compensaţiei conductelor constituie o problemă specială şi nu este cazul să fie redat în lucrarea de faţă.

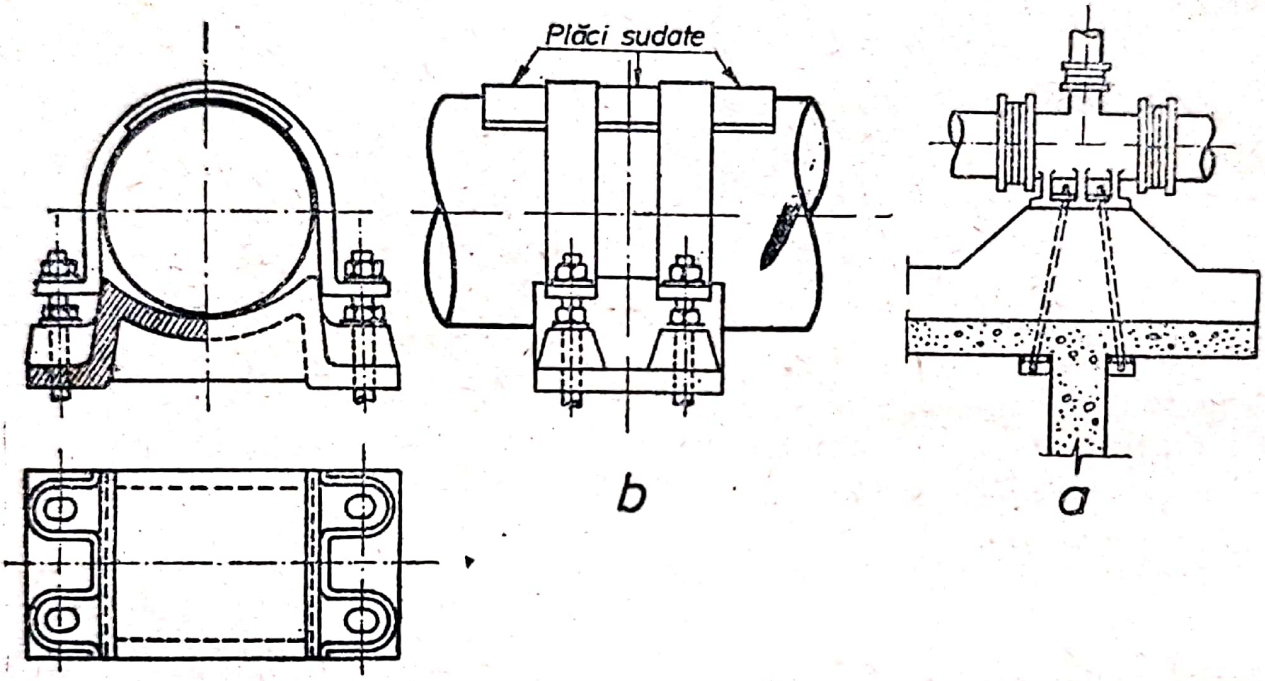


Fig. V. 9. Exemple de suporţi ficşi pentru conducte:
a — fixarea teului; **b** — fixarea prin plat bande.

V.2 CANALELE

Atît conductele, cît şi canalele de circulaţie a fluidului de epurat (gaze, aer, gaze cu fum etc.), deşi nu fac parte toate din instalaţiile de epurare au însă o mare influenţă asupra randamentelor acestor instalaţii şi în mod cu totul special canalele. Se menţionează acest lucru deoarece, indiferent de sursa de producere (focare la cazanele termocentralelor şi toate instalaţiile anexe de preparare a cărbunelui pentru acestea, cuptoarele metalurgice şi toate instalaţiile din combinatele metalurgice, cuptoarele de ciment şi toate instalaţiile din combinatele de producere de materiale de construcţii, combinatele chimice etc.), toate gazele şi toţi agenţii nocivi trec în fond în instalaţiile de epurare a acestora. Deci, practic, nu se greşeşte dacă se consideră că atît conductele, cît şi canalele, fac parte din aceste instalaţii. Inerent deci, o bună exploa-

Scanned with OKEN Scanner

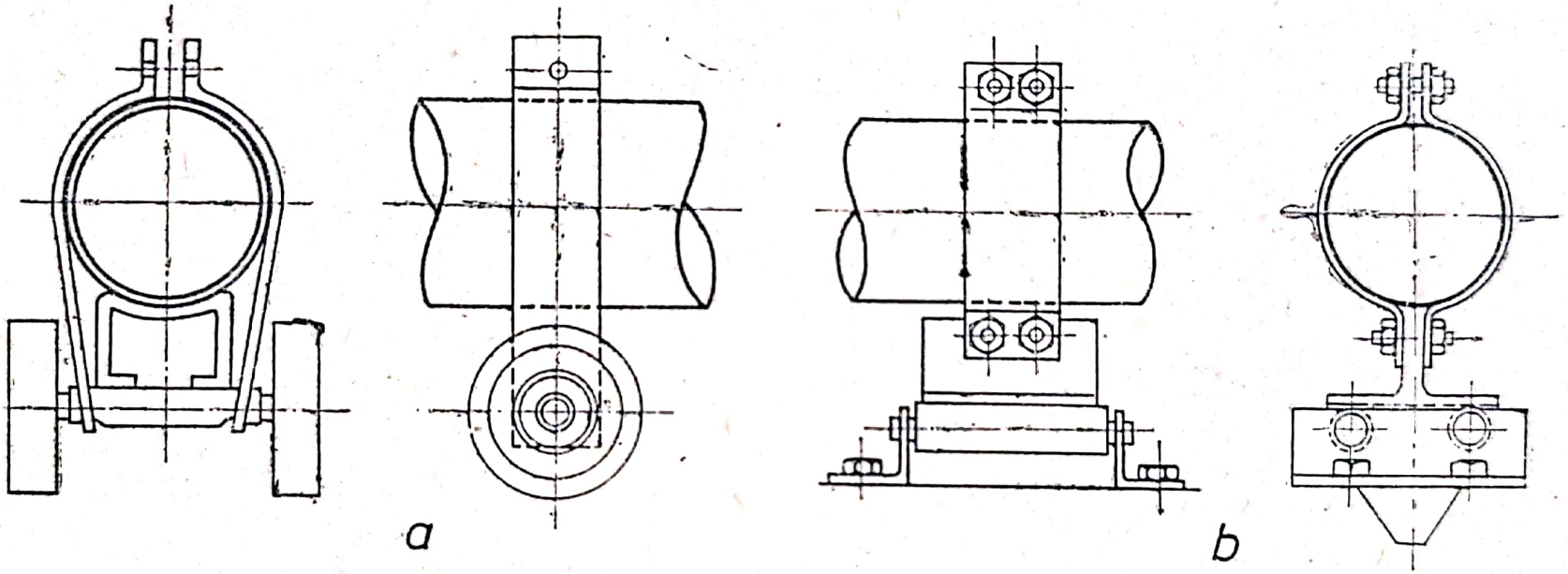


Fig. V. 10. Exemple de suporţi mobili pentru conducte:
a — suport pe role; **b** — suport pe rulouri.

Scanned with OKEN Scanner

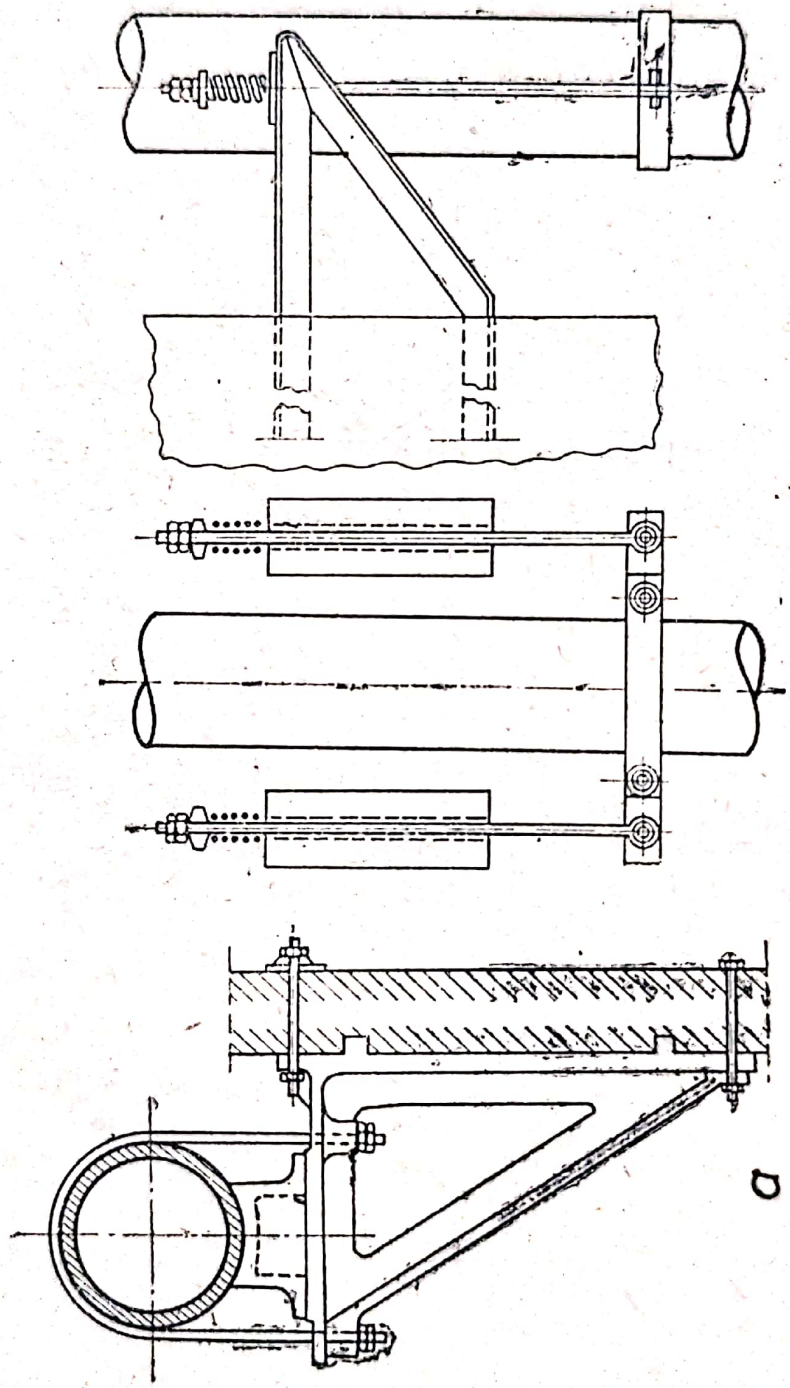


Fig. V. 11. Exemple de suspensie a unor conducte pe zid:
a — cu resort; b — fără resort.

tare a instalațiilor de protejare a aerului atmosferic este strîns legată de o bună exploatare a acestor conducte și canale.

Canalele de fluide de epurat ale tuturor instalațiilor sînt, în general, alcătuite din combinații de canale de construcție simplă sau complexă. În aceste canale există coturi, în ele intervenind strangulări (șubere, clape etc.) și măriri bruște de secțiune. Atît pereții canalelor, cît și aceste variații de secțiune, în timpul trecerii fluidelor de epurat (gaze, aer etc.) dau naștere la frecări și rezistențe locale care, în general, sînt determinate pe cale practică. Verificarea continuă a acestor rezistențe în tot timpul funcționării permite o exploatare rațională a instalației de protejare a aerului din atmosferă.

Lucrul mecanic al forțelor exterioare dat de ecuația lui Bernoulli este consumat pentru a învinge lucrul mecanic al forțelor de rezistență și pentru mărirea energiei cinetice a particulei. Nu se va analiza această teorie deoarece nu intră în vederile acestei lucrări.

Pentru a urmări exploatarea în bune condiții a unei instalații se vor evidenția doar următoarele :

1) *În practică este comod a se însuma pierderile pentru rezistențele hidraulice ale canalelor de gaze cu pierderea pentru variația presiunilor cinetice în aceste canale. Adică :*

$$h_r + \gamma' \frac{w_2^2 = w_1^2}{2g} = h_g ; \qquad \text{(V.26)}$$

w_1, w_2 = vitezele respective ale fluidului (gaz, aer, agent nociv etc.), în secțiunile respective [m/s] ;
γ = greutatea specifică a fluidului (presupusă constantă), [kgf/m³] ;
g = 9,81 m/s² = accelerația gravitației.

Viteza gazului în canale se verifică cu relația :

$$w = G/f\gamma ; \qquad \text{(V.27)}$$

G = debitul fluidului [kg/s] ;
f = suprafața secțiunii transversale a canalului [m²].

La probele și controlul curent nu se va măsura presiunea absolută a fluidului în canalele respective, ci numai diferența dintre presiunea barometrică a aerului din exterior la înălțimea corespunzătoare centrului secțiunii canalului și presiunea în acest canal.

Scanned with OKEN Scanner

Dacă diferența de presiune se notează cu S, iar presiunea barometrică cu b rezultă :

$$p = b - S. \qquad (V.28)$$

Dacă valoarea S este pozitivă, atunci $p < b$ și în canalul respectiv are loc o depresiune în raport cu atmosfera exterioară și, invers, dacă valoarea S este negativă atunci $p > b$, deci în canal are loc un exces de presiune în comparație cu atmosfera exterioară.

Valorile lui S se măsoară cu aparate speciale de măsurare a tirajului.

Deoarece în canalele de fluid (gaze, aer etc.) temperatura acestuia de obicei este mai ridicată decît temperatura aerului exterior, greutatea specifică a acestuia este mai mică decît greutatea specifică a aerului exterior și la o mișcare a fluidului de jos în sus, autotirajul canalului creează o presiune suplimentară care ajută la învingerea rezistenței hidraulice față de mișcarea fluidului în canal.

Pierderile de presiune produse se verifică cu relația (Weissbach) :

$$h = \xi \frac{w^2 \gamma}{2g} [\text{kg/m}^2 ; \text{ mm } H_2O]. \qquad (V.29)$$

Valoarea coeficientului ξ este funcție de viteza fluidului, de secțiunea canalului și de variația acestei secțiuni. Diferitele valori ale lui ξ sînt date în anexa III.

Pierderile de presiune, atît în canale, cît și în conducte, sînt de asemenea influențate de rugozitatea acestora.

Pentru verificarea coeficientului de rugozitate se pot folosi următoarele relații :

1) *La canale unde în majoritatea cazurilor are loc o curgere turbulentă a fluidului (gaze, aer etc.) :*

— cu Re de la 5 000 pînă la 10^5, coeficientul de rugozitate λ în cazul pereților netezi, se poate verifica cu relația Blasius și anume :

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}; \qquad (V.30)$$

— cu Re peste 10^5 pînă la 10^8 se poate folosi relația :

$$\lambda = \frac{0,857}{(1g\ Re)^{2,4}}. \qquad (V.31)$$

2) La *conducte, coeficientul de rugozitate se poate verifica cu relația :*

$$\lambda = 0{,}19\sqrt[3]{\frac{k}{d}} = \frac{a}{\sqrt[3]{d}} \qquad (V.32)$$

Această formulă a fost determinată după lungi experiențe în exploatare de către Nicuradze. În această formulă k este înălțimea gradului de rugozitate. Cînd $\frac{k}{d} < \frac{30}{Re^{0,875}}$ conducta se poate considera netedă și se va face uz de relația (V.31). Valorile medii ale lui k și a, stabilite experimental, sînt arătate în tabelul V.11.

Tabelul V. 11. Coeficienții de rugozitate ai conductelor și canalelor pentru formula V. 31

Nr.	Grupa de conducte sau canale	$k \cdot 10^3$ [m]	a
I	Conducte vechi sudate sau cu flanșe de fier și oțel pentru aer, gaze, gaze uscate	0,40	0,014
II	Idem, noi, netede și bine montate din punct de vedere tehnic	0,15 ... 0,10	0,01 ... 0,009
III	Conducte vechi nituite din fier și din fontă pentru gaze brute	0,85	0,018
IV	Idem, noi	0,50	0,015
V	Conducte (canale) din beton și beton armat	1,10	0,020
VI	Conducte și canale de gaze din cărămidă	15,00	0,047

Notă. În această formulă toate constantele fizice ale fluidelor de epurat (gaze, ear etc.) sînt raportate la temperatura peretelui.

La circulația fluidelor în conducte cu Re < 100 000 însoțită de o cădere de temperatură, rezultate bune în verificare se pot obține folosind formula Nusselt și anume :

$$h_{f_1} = \frac{0{,}3164}{\sqrt[4]{Re}} \times \frac{1}{d} \times \frac{\gamma_{per}\, w^2}{2g}\left(\frac{T_{per}}{T_0}\right)^{0,417} \text{[mm } H_2O\text{]} ; \qquad (V.33)$$

T_{per} și T_g sînt temperaturile peretelui conductei și respectiv a fluidului care circulă prin aceasta.

Atunci cînd se proiectează canale verticale și orizontale pentru evacuarea gazelor arse, de obicei se iau ca puncte de plecare viteze arbitrare și anume de 1,50 — 3,00 m/s, limita superioară fiind pentru temperaturi de ordinul a 300 — 400°C, iar cea inferioară pentru temperaturi de 600 — 800°C.

Pentru verificarea suprafeței secțiunii canalelor de gaze în exploatare se poate folosi relația :

$$F = Q/v \ [m^2] \ ; \qquad (V.34)$$

Q = cantitatea de gaze care circulă în canal [Nm^3/s] ;
v = viteza adoptată în proiect sau în cartea tehnică a instalației.

Secțiunea minimă a canalelor de fum trebuie să fie de $\approx 500 \times 600$ mm pentru ca prin ele să poată trece un om cînd se face revizia, curățirea și repararea acestora.

Întrucît majoritatea canalelor de fum se execută de obice, în pămînt, stratul de pămînt de deasupra lor trebuie să fie de cel puțin 300 mm. În terenuri umede aceste canale se închid în chesoane impermeabile (adesea de beton armat). În terenuri uscate stratul exterior de zidărie se execută din cărămidă roșie. Canalele de fum se căptușesc cu cărămidă de șamotă, iar bolta lor se execută adesea semicirculară.

Secțiunea canalelor (de fum și gaze) trebuie asttfel aleasă încît să asigure viteza cea mai indicată de trecere, pentru obținerea pe de o parte a transmiterii de căldură în condiții bune, iar pe de altă parte a unei rezistențe prin frecare în limitele admisibile. La aceasta trebuie ținut seama că în exploatare aceste canale pot fi obturate în parte cu cenușă, praf etc., care le poate reduce secțiunea.

În general secțiunea canalelor de gaze se alege astfel încît în zona temperaturilor ridicate viteza de trecere a gazelor să fie mai redusă, sporindu-se viteza pe măsura răcirii gazelor. Pentru a se ușura trecerea gazelor, toate aceste canale se execută în porțiunile orizontale cu o ușoară înclinare în sus, în sensul mișcării gazelor. De asemenea, pentru a se reduce cît mai mult efectul depunerii de particule se preferă a se da canalelor o secțiune mai mult înaltă decît largă. La construcția acestor canale se vor evita unghiuri ascuțite, proeminențe, schimbări bruște de direcție și modificări bruște de secțiune care toate pot produce turbulențe și pierderi însemnate de tiraj. Pentru aceste motive canalele de

gaze se vor executa cu muchii și forme rotunjite și cu treceri line de la o secțiune la alta.

În aceste canale se prevăd organe de închidere sub formă de clape de fontă sau materiale refractare (în funcție de temperatura gazelor), cu ajutorul cărora se poate imprima gazelor un drum anumit.

Depunerile de particule în canale, în special la centralele termoelectrice, este cu atît mai accentuată, cu cît temperatura în focar este mai mare. Aceste depuneri se dotoresc în primul rînd neuniformității arderii în focare, cuptoare și altor surse. De aceea este absolut necesar ca personalul care are în sarcină exploatarea instalațiilor de epurare a aerului atmosferic să urmărească continuu și cu atenție deosebită, prin măsurători, cantitatea de impurități în gazele care trec prin conducte și canale pentru ca în funcție de acestea să execute reglajele necesare.

Acesta a fost de altfel și scopul pentru care s-au dat o serie de formule de verificare, precum și strictul necesar de explicații a fenomenelor care au loc în perioada de funcționare, pentru că numai cînd se cunosc aceste fenomene bine, se pot face controalele și verificările unei bune funcționări și se poate interveni prompt acolo unde trebuie.

Deși instalațiile de epurare a aerului atmosferic conceptual și constructiv au, în general, aceleași componente, funcționarea și exploatarea lor diferă la fiecare întreprindere și chiar la fiecare instalație din cadrul aceleiași întreprinderi.

Personalul care deservește aceste instalații trebuie să fie bine pregătit din punct de vedere tehnic și de o conștiinciozitate exemplară. Superficialitatea și neglijența nu este permisă acestui personal.

CAPITOLUL VI

EXPLOATAREA PRINCIPALELOR APARATE ŞI AGREGATE CARE FAC PARTE DIN INSTALAŢIILE DE PROTEJARE A AERULUI ATMOSFERIC

Aparatele şi agregatele care intră în componenţa instalaţiilor de protejare a aerului atmosferic, în ceea ce priveşte modul de exploatare, au sau trebuie să aibă instrucţiunile respective date de firmele constructive. De aceea, în continuare nu se vor reda aceste instrucţiuni, lucru care nu ar fi posibil din cauza spaţiului limitat al lucrării de faţă.

Ceea ce se va urmări să se scoată în evidenţă, va fi modul de comportare al aparatelor cele mai des întîlnite în instalaţiile de protejare a aerului atmosferic şi mai ales acelea care, în multe cazuri, se execută chiar pe şantiere în timpul montajelor (cicloane, scrubere, coloane etc.), după proiecte speciale date de proiectant.

Aparatele cel mai des întîlnite în astfel de instalaţii şi care vor alcătui obiectul celor ce urmează sînt: ● *camerele de depunere;* ● *coloanele;* ● *multicicloanele;* ● *aparatele umede (coloanele cu umplutură, scruberele);* ● *filtrele cu ţesături;* ● *filtrele electrice;* ● *aparatele combinate.*

VI.1. CAMERELE DE DEPUNERE

Scopul acestora şi modul de funcţionare a fost arătat în §§ II.3.5, a, de aceea în continuare se vor face referiri numai la **verificările necesare în timpul exploatării** şi anume:

1) *Debitul de gaze ce trece prin astfel de camere:*

$$Q = 3600Fv \ [m^3/h]; \qquad (VI.1)$$

F — secţiunea transversală a camerei ($F = h \times b$; (h este înălţimea camerei, iar b lăţimea ei);

v — viteza de circulaţie a fluidului [m/s].

2) *Viteza de trecere a fluidului* (v. formula VI.1) :

$$v = \frac{Q}{3600\ F}\ [m/s]; \qquad (VI.2)$$

vitezele optime pentru aceste camere, gradul de separare și alte condiții care trebuie să le îndeplinească acest fel de aparate au fost arătate în §§ II.3.5, a.

Un factor important în exploatarea acestor aparate este menținerea curățirii ritmice a depunerilor, deoarece în cazul cînd această ritmicitate nu se respectă, depunerile cresc, se îngustează secțiunea și crește viteza de circulație a gazelor. Acest fenomen inversează rolul de captator de particule solide transformîndu-le în agitatoare de depuneri și trimiterea acestora în atmosferă.

Deși acest fel de aparate au, practic, un rol de precolectare a particulelor grosiere, în special din fluidele cu temperaturi ridicate (gaze cu reziduuri de cărbune nears de la termocentrale sau cu particule minerale la combinatele metalurgice etc.), ele au o mare importanță în exploatarea instalațiilor de protejare a aerului atmosferic, întrucît datorită vitezei mici cu care circulă fluidul prin ele, pe lîngă depunerea unei însemnate cantități de impurități, dau și posibilitatea de răcire a acestora, reducîndu-le volumul și permițîndu-se prin aceasta o dimensionare mai redusă a celorlalte aparate de separare a impurităților, care se vor monta în circuitul de epurare după astfel de camere.

Avînd o construcție simplă și exploatarea este de asemenea simplificată reducîndu-se doar la cele arătate mai înainte.

Verificarea pierderilor de presiune în astfel de camere este de asemenea puțin complicată și se poate realiza folosindu-se relația (V.29 — formula lui Weissbach) :

$$h = \xi\ \frac{w^2\gamma}{2g}\ [kg/m^3\ sau\ mm\ H_2O];$$

w este viteza de intrare a gazelor în cameră [m/s].

Pentru a se înțelege mai bine modul de folosire al acestei relații în exploatare, se dă următorul exemplu de calcul.

Exemplu de calcul. *Se consideră că fluidele (gazele) de epurat vin în camera de depunere printr-un canal cu secțiunea dreptunghiulară, avînd dimensiunile de 0,70 × 1,00 m, iar secțiunea camerei de depunere în care intră canalul este de 4,00 × 2,00 m. Lungimea camerei fiind de 10 m, viteza w de circulație a fluidului la trecerea prin cameră se va lua 0,40 m/s. Pentru coeficientul rezistențelor locale ξ se va folosi anexa III, poz. 10 (lărgire bruscă a secțiunii).*

C-da 5728 coala 13

Conform datelor din exemplul luat, raportul secţiunilor (canal-cameră) este 0,7/4,5 = 0,15, adică între 0,1 şi 0,2. Interpolînd rezultă valoarea lui ξ = 0,72 corespunzătoare acestui raport. Se consideră că fluidul (gazul) are o temperatură de 500°C. La această temperatură greutatea specifică γ a acestuia este de circa 0,450 kgf/m³ (v. tabelele din tratatele de specialitate).

Înlocuind datele în formula (V.29) rezultă:

$$h = 0{,}72 \frac{0{,}4^2}{2 \times 9{,}81} \times 0{,}450 = 0{,}000\,249 \approx$$

$$\approx 0{,}00025 \text{ kgf/m}^2 = 0{,}25 \text{ mm } H_2O.$$

Cantităţile de impurităţi care se depun în astfel de camere, la unele întreprinderi (după cum se va vedea în exemplul următor), sînt destul de importante, de aceea exploatarea unor astfel de aparate se face în bune condiţii numai atunci cînd se va urmări ca evacuarea acestor depuneri să se facă conform ciclului fixat în schema de exploatare a instalaţiei.

Pentru edificare asupra cantităţilor de impurităţi care se depun, se va considera o cameră de depunere care va epura gazele arse de la instalaţia de cazane a unei termocentrale cu o capacitate de 800 MWh, care foloseşte lignit brun cu o putere calorifică inferioară P_i = 2 500 kcal/kg. Admiţîndu-se un consum specific mediu de 350 gcc/kWh (cc = combustibil convenţional = 7 000 kcal/kg). Consumul real va fi deci 7 000 × 0,350 = 2 450 kcal/kWh, adică ≈ 1 kg de lignit/1 kWh.

Consumul total de lignit pentru 1 h de funcţionare va fi deci 800 000 kWh × 1 = 800 000 kg/h = 800 t/h.

Din verificările zilnice în exploatarea cazanelor la acest fel de centrale, pierderile de particule nearse care se elimină cu gazele de ardere variază între 6 şi 10% din cantitatea de combustibil consumat. Luînd **limita inferioară de 6%**, rezultă:

$$800 \times 0{,}6 = 48 \text{ t/h} = 48\,000 \text{ kg/h}.$$

Întrucît randamentnl acestor camere de depunere este ≈ 60%, rezultă că într-o oră se vor depune:

48 000 × 0,60 kg = 28,80 t/h depuneri solide (cărbune nears, pămînt, zgură, cenuşă zburătoare etc.). Greutatea volumetrică a acestor depuneri este ≈ 1 000 kgf/m³, rezultă deci un volum de depuneri de ≈ 30 m³. Admiţînd dimensiunile camerei din exemplul anterior (4 × 2 × 10 = 80 m³), rezultă un strat ≈ 0,75 m depuneri/h în această cameră, adică aproape 50% din înălţimea ei. Dacă evacuarea depunerilor nu se face continuu, în ≈ 2 h camera va fi complet înfundată, iar circulaţia gazelor întreruptă, conse-

cinţă de a cărei gravitate oricine din exploatare îşi poate da seama.

Este adevărat că asemenea unităţi sînt deservite de mai multe cazane din care, de obicei, cel puţin unul este în repaus, deci cantitatea de depuneri este redusă cu aceea ce ar fi produsă de cazanul în repaus. Pentru a se evita dimensiuni mari ale acestor camere, ele se construiesc fie pe circuitul fiecărui cazan, fie cel mult pentru două cazane, urmînd ca după această primă epurare gazele să fie racordate toate la aparatele următoare.

Deşi exemplul dat este concludent în ceea ce priveşte cantitatea depunerilor în astfel de aparate, sînt surse care emană cantităţi de impurităţi mult mai mari ajungînd pînă la 15—20% din cantitatea materialelor care le produc, de exemplu cazul secţiilor de descărcare a minereurilor la combinatele siderurgice, morile de praf de cărbune la termocentrale, morile de calcar şi clincher de la fabricile de ciment etc.

În ceea ce priveşte cantităţile de materiale care trec anual prin astfel de combinate, amintim cîteva din capacităţile lor de producţie :

1) Combinatele siderurgice sînt de nivelul a milioane tone anual de produs finit, deci materialul din care rezultă acest produs finit este de cîteva ori mai mare.

2) Fabricile de ciment, de asemenea, au capacităţi de producţie care variază de la o sută de mii la milioane tone pe an etc.

Socotite la producţia zilnică şi orară a impurităţilor, acestea revin : la un combinat siderurgic cu o producţie de 1 000 000 t/an la ≈ 2 800 t/24 h, adică ≈ 120 t/h. Socotind cantitatea de minereu din care rezultă acest produs numai de două ori mai mare, rezultă ≈ 250 t/h. Luînd de asemenea impurităţi în fluidul de epurat, (aer, gaze) numai 10%, rezultă 25 t/h.

S-au scos în evidenţă aceste date pentru a da posibilitatea de a se vedea ce importanţă revine instalaţiilor de protejare a aerului atmosferic şi ce probleme pot ridica acestea în timpul exploatării în cazul în care ele nu sînt tratate cu atenţia cuvenită.

Avantajul acestor aparate este că ele fiind simple, problemele de exploatare nu sînt complicate şi dacă se respectă instrucţiunile de întreţinere — despre care se va vorbi în capitolele următoare — ele vor da randamentele pentru care au fost concepute.

Datorită gabaritelor mari, mai ales în prezent cînd volumul şi spaţiul instalaţiilor se cere din ce în ce mai redus, utilizarea acestor aparate este tot mai redusă. Se întîlnesc numai acolo unde este absolut necesară utilizarea lor.

VI.2. CICLOANELE

Ciclonul este un aparat foarte răspîndit și des întîlnit în instalațiile de protejare a aerului atmosferic. Întrucît toate formulele teoretice existente în prezent în literatura de specialitate pentru calculul acestor aparate nu se verifică complet în practică, ele se construiesc pe baza datelor obținute în exploatare folosindu-se formule deduse pe cale experimentală.

Datorită acestui fapt exploatarea acestor aparate a ridicat și va ridica întotdeauna probleme dacă nu este urmărită continuu și rațional. Deși în §§ II.3.5, c s-au dat o serie de indicații referitoare la modul cum trebuie verificate la preluare acest fel de aparate, chiar dacă acestea au fost făcute cu toată exigența, iar execuția a fost făcută respectîndu-se întru totul indicațiile proiectantului, problema exploatării nu este rezolvată.

Datorită randamentului lor care nu depășește 65—70% (cicloane obișnuite) și funcție de mărimea particulelor ele nu pot realiza în cele mai multe cazuri gradul de puritate a aerului atmosferic impus de legile și normativele în vigoare. Dacă se mai ia în considerație că debitul maxim care asigură randamentul arătat la astfel de aparate nu poate depăși 60 000 — 80 000 m^3/h de fluid (gaze sau aer), rezultă necesitatea ca astfel de aparate să fie utilizate ca o primă treaptă de epurare, urmînd ca pentru cazuri cînd în această treaptă nu se realizează limitele impuse de norme, epurarea să se continue cu alte aparate cu randamente de epurare superioare.

La combinatele industriale mari, unde trebuie epurate mari cantități de fluide, se vor instala mai multe aparate, căutîndu-se să nu se depășească volumele de epurat de mai înainte de către un singur aparat.

În cazurile în care fluidele de epurat conțin impurități solide cu diametre mari aceste aparate dau totuși rezultate bune (industria de prelucrare a lemnului, combinate siderurgice, centrale termoelectrice pe cărbune, unele instalații din industria materialelor de construcții etc.).

Randamente bune au aceste aparate cînd diametrul particulelor pe care trebuie să le separe sînt $> 90\,\mu$.

Oricare ar fi însă utilizarea acestor aparate, funcționarea lor corectă în exploatare trebuie controlată continuu de personalul care urmărește exploatarea. Acest control se efectuează prin luarea de probe de fluid, atît la intrarea în aparat, cît și la ieșirea din acesta. Numărul de probe este în funcție de perioada pentru care

se stabileşte în instrucţiunile de exploatare şi în funcţie de provenienţa impurităţilor care trebuie separate, dar nu mai puţin de două ori pe schimb.

La aceste probe se vor verifica : concentraţia impurităţilor din fluidul de epurat, umiditatea fluidului şi a impurităţilor şi dimensiunea acestor impurităţi (în special la impurităţile solide).

Se recomandă personalului de exploatare a instalaţiilor de protejare a aerului atmosferic care deserveşte astfel de aparate să fie permanent în strînsă legătură cu personalul de exploatare de la sursele unde se produc astfel de impurităţi, deoarece acest personal este obligat să execute permanent probe asupra materiei prime, spre a-i cunoaşte caracteristicile şi componenţa. Rezultatele obţinute de acestea sînt foarte importante pentru personalul care exploatează instalaţiile de protejare a aerului din atmosferă.

Modul cum se vor executa aceste probe este la latitudinea personalului de exploatare.

Un lucru important în exploatarea cicloanelor îl prezintă respectarea limitelor de viteze fixat pentru intrarea fluidului de epurat în ciclon, deoarece în funcţie de aceasta depinde randamentul şi eficacitatea aparatului. De obicei această viteză variază între 10 şi 25 m/s. Din observaţiile obţinute din exploatare a rezultat că o dată cu mărimea vitezei, creşte capacitatea de separare a aparatului. Limitele arătate par a fi cele ideale, deoarece o reducere a vitezei sub 10 m/s poate crea căderea impurităţilor în canalele de aducere, iar depăşirea vitezei de 25 m/s este condiţionată de faptul că o dată cu mărirea vitezei creşte mult rezistenţa, iar gradul de reţinere creşte puţin în raport cu creşterea rezistenţei.

Raportul creşterii rezistenţei într-un ciclon legat de creşterea vitezei de intrare rezultă din următoarele exemple :

1) *La viteza limită de 10 m/s.* Considerînd că temperatura gazelor este 500°C, greutatea specifică γ a acestora este 0,450 kgf/m³ (conform tabelelor din tratatele de specialitate). Se consideră de asemenea limita inferioară a lui $\xi = 2,5$. Deci :

$$h = \xi \frac{w^2 \gamma}{2g}; \quad h = 2,5 \frac{10^2 \times 0,450}{2 \times 9,81} = 5,73 \text{ mm } H_2O;$$

2) *La viteza de 20 m/s :*

$$h = 2,5 \frac{20^2 \times 0,450}{2 \times 9,81} = 22,93 \text{ mm } H_2O.$$

2) *La viteza de 20 m/s :*

$$h = 2,5 \frac{30^2 \times 0,450}{2 \times 9,81} = 51,50 \text{ mm } H_2O.$$

Din aceste viteze se poate constata:

1) *La dublarea vitezei rezistența crește de ≈ 4 ori.*

2) *La triplarea vitezei rezistența crește de ≈ 8 ori.*

S-a constatat că la viteze mai mari de 30 m/s gradul de separare scade.

Coeficientul de rezistență ξ în astfel de aparate se ia între 2,5 și 2,8.

Deși rezistența unui ciclon este funcție de tipul respectiv, o verificare a acesteia în timpul exploatării cu rezultate satisfăcătoare se poate face cu relația (V.29).

Verificarea continuă a vitezei de intrare în aceste aparate este absolut necesară deoarece rezistențele cresc vertiginos o dată cu creșterea acestei viteze.

Orice depunere pe conductele de intrare și în interiorul ciclonului micșorează secțiunea acestora și automat măresc vitezele de circulație, deci rezistențele.

Creșterea rezistențelor, pe lîngă că aduce o creștere simțitoare a consumului de energie la aparatele de vehiculare și antrenare, reduc și eficiența aparatelor.

Pierderea de presiune într-un ciclon se datorește următoarelor cauze:

1) *Presiunea dinamică necesară mișcării principale de curgere este funcție de viteza maximă pe care o atinge fluidul în interiorul ciclonului și anume 0,6 din diametrul tubului central.* Această presiune nu se recuperează și trebuie considerată pierdută.

Din relația următoare rezultă că **presiunea este funcție nu numai de viteza de intrare și de ciclon, ci și de raportul dintre raza medie de rotire la intrare și raza tubului de evacuare. Astfel:**

$$w_{i\,max} = (0{,}6\ r_i)^{0{,}5} = w_i\ R_e^{0{,}5};\quad w_{i\,max} = 1{,}3\ w_i \sqrt{\frac{R_e}{r_i}}; \quad \text{(VI.3)};\ \text{(VI.4)}$$

$w_{i\,max}$ = viteza tangențială maximă din centrul ciclonului;

w_i = viteza de intrare a fluidului în ciclon;

R_e = raza medie de rotire la intrare;

r_i = raza tubului de ieșire a fluidului epurat.

2) *Presiunea consumată de frecări este neglijabilă.*

3) *Presiunea consumată de mișcările secundare este însă importantă.* Aceasta dovedește că mișcările secundare contribuie la separarea impurităților și la evacuarea acestora separat de mișcarea principală.

Coeficientul ξ depinde în principal de forma ciclonului și numai în mică măsură de mărimea și încărcarea lui.

Coeficienții de pierdere de presiune se referă la viteza de intrare în tubul de ieșire a fluidului. Verificarea acestora se poate face ușor și repede cu relațiile :

$$\xi_d = \frac{h}{\frac{w_2^2}{2g}}; \quad w_d = \frac{Q}{r_a^2}; \quad \xi_e = \frac{h}{\frac{w_e^2}{2g}}; \quad we = \frac{Q}{F_e}; \qquad (VI.5)$$

$$\xi = \xi_d \frac{F_e^2}{F_d}; \quad \xi_i = \frac{h}{\frac{w_i^2}{2g}}; \quad w_i = \frac{Q}{r_i^2}; \quad \xi_i = \xi_d \frac{F_i^2}{F_d}; \qquad (VI.6)$$

w_e = viteza medie în secțiunea transversală de admisie a ciclonului [m/s] ;

w_i = viteza medie axială în secțiunea transversală a tubului de evacuare a fluidului epurat [m/s] ;

w_d = viteza medie presupusă în ciclon [m/s] ;

r_a = raza ciclonului [m] ;

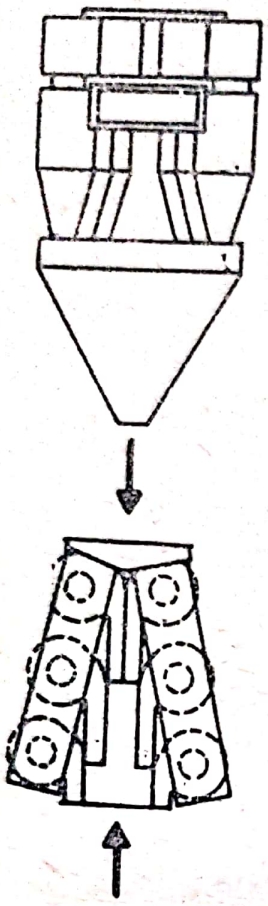
F_e = secțiunea transversală a orificiului de intrare în ciclon [m^2] ;

F_i = secțiunea transversală a tubului de evacuare a fluidului epurat [m^2] ;

γ = densitatea mediului în care se mișcă curentul [kgf/m^3].

S-a insistat asupra pierderilor de presiune deoarece acestea sînt cele mai reprezentative, întrucît ele arată că ciclonul nu funcționează normal și trebuie făcute verificările respective în scopul de a depista cauza.

Revenind la începutul acestui punct, în care se arăta care este debitul maxim al unui astfel de aparat, cît și corelațiile de care trebuie ținut seama în construcția cicloanelor, la întreprinderile mari problema folosirii acestor aparate poate fi rezolvată fie instalîndu-se cicloane separate la secțiile cu debite mari de gaze (fluide) de epurat, fie montarea unei singure instalații de epurare cu mai multe cicloane în paralel (fig. VI.1). O atenție deosebită trebuie acordată fluidului care se epurează cu astfel de aparate, ca să nu aibă impurități vîscoase (lipicioase) sau cu o umiditate mare, deoarece acestea se depun pe pereți, reducînd eficacitatea și mergînd chiar pînă la scoaterea din funcțiune.



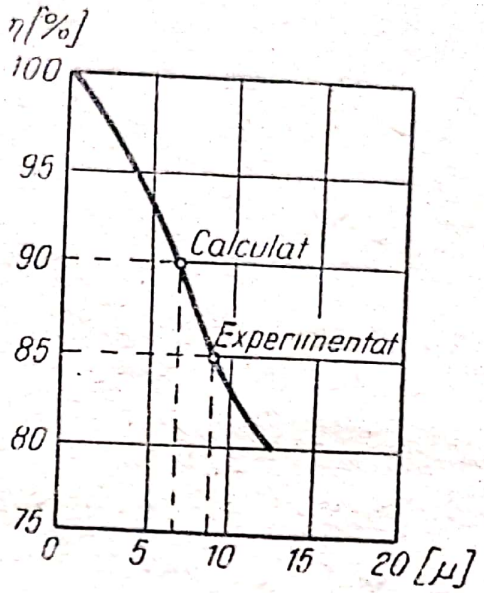


Fig. VI. 2. Deosebirea dintre rezultatele calculate şi cele obţinute în practică.

Fig. VI. 1. Schema unor cicloane în paralel.

La începutul acestui punct s-a menţionat că există o diferenţă între rezultatele obţinute cu formulele teoretice existente în literatură şi rezultatele obţinute în practică (fig. VI.2).

In ceea ce priveşte verificarea diametrului minim al particulelor care pot fi captate cu astfel de aparate, există o serie întreagă de formele determinate de asemenea după experimentări în practică. Pentru cei mai exigenţi care urmăresc exploatarea acestor aparate, în continuare se menţionează cele mai des întîlnite în literatura actuală. **Astfel :**

1) *Formula Rosin — Ramler — Intelman :*

$$d_{min} = 3\sqrt{\frac{g}{\pi} \times \frac{y}{\gamma_1 w_i} \times \frac{B}{N} \left(1 - \frac{B}{D}\right)} \quad \text{(VI.7)}$$

2) *Formula lui Muhlrad:*

$$d_{min} = \frac{3}{4}\sqrt{\frac{3g}{\pi} \times \frac{\eta g}{\gamma_1 w} \times \frac{D^2}{R_e N} \times \frac{1 - k^4}{1 + k + k^2}}; \quad k = \frac{d}{D} \quad \text{(VI.8)}$$

3) *Formula lui Davies:*

$$d_{min} = \frac{3}{4}\sqrt{\frac{g}{2} \times \frac{\eta_g}{\gamma_1 w} \times \frac{D^2}{4}(1 - k^4)}, \quad \text{(VI.9)}$$

4) *Formula lui Feifel:*

$$d_{min} = 3\sqrt{\frac{g}{2} \times \frac{\eta_g}{\gamma_1 w} \times \frac{d^2}{R_e} tg\alpha}; \quad tg\alpha = w_r/w_t. \quad \text{(VI.10)}$$

5) *Formula lui Ter Linden:*

$$d_{min} = 3\sqrt{g \frac{\eta_g}{\gamma_1} \times \frac{\varepsilon d w_r}{w_1^2}}. \quad \text{(VI.11)}$$

6) *Formula lui Bratu:*

$$d_{min} = 3\sqrt{\frac{g}{4\pi} \times \frac{\eta_g}{\gamma_1 w} \times \frac{D}{N w_t}}; \quad \text{(VI.12)}$$

N = numărul de evoluții în ciclon;
w_1 = viteza de intrare în ciclon [m/s];
γ_1 = greutatea specifică a solidului [kgf/m³];
η_g = viscozitate adinamină a gazului [kgf/s · m²];
α = unghiul spiralei logaritmice [grade];
d = diametrul suprafeței limită [m];
w_r = componenta radială a vitezei [m/s];
w_t = componenta tangențială a vitezei [m/s];
R_e = raza medie de rotație la intrare [m/s];
D = diametrul părții cilindrice a ciclonului [m].

Numai după aceste formule nu se poate determina gradul real de separare a unui ciclon, însă cu ajutorul lor se poate analiza influența diverșilor factori dinamici în procesul de epurare. De asemenea, valorile obținute pot servi la punerea la punct a unei instalații care la pornire nu realizează gradul de separare preconizat.

Pentru edificare se dă următorul exemplu ipotetic din tabelul VI.1, în care se fac diferite variații la unele mărimi (coloanele 2, 3 și 4). Pentru calculul diametrului minim al particulei după primele 4 formule de mai înainte se obțin rezultatele arătate în tabelul VI, 2, din care se vede că există diferențe între rezultate datorită ipotezelor simplificatoare făcute de fiecare autor în parte.

Ca observații generale se poate constata:

1) Dacă se modifică diametrul ștuțului la ieșire, adică se micșorează valoarea lui k, gradul de separare al ciclonului scade

Tabelul VI.1.

Diferite variaţii ale unor mărimi din formulele VI.7...VI.10

Mărimea	UM	Valoarea			
		1	2	3	4
D	[m]	0,600	—	0,780	—
d	[m]	0,260	0,200	—	—
B	[m]	0,170	—	—	—
R_e	[m]	0,385	—	0,475	—
H	[m]	1,800	—	—	2,500
γ_1	[kgf/m³]	2 000	—	—	—
t	[°C]	150	—	—	—
η_0	[kgf.s/m²]	$2,45 \cdot 10^{-6}$	—	—	—
w_i	[m/s]	12	—	—	—
R/D	—	3	—	—	—
k	—	0,433	0,333	0,333	—
N	[rot.]	4,500	—	—	6,000
tg α	—	0,090	—	0,070	—

Tabelul VI.2.

Diametrul minim al particulei obţinut pe baza formulelor respective şi a valorilor date în tabelul VI.1

Autorul formulei	Valoarea			
	1	2	3	4
Rosin-Ramler-Intelman	8,80	9,90	9,35	7,60
Muhlrad	8,10	0,75	10,01	7,00
Davies	7,35	7,45	9,70	6,35
Feifel	8,40	6,50	6,70	8,40

Scanned with OKEN Scanner

(excepție face formula lui Feifel). Același rezultat se obține dacă se mărește diametrul părții cilindrice (D).

2) Mărirea părții cilindrice, respectiv sporirea numărului de rotații a fluidului în ciclon, are ca efect mărirea ciclonului, cu efecte negative asupra pierderii de presiune în ciclon, mărire care nu se găsește în formulele de mai înainte.;

Totuși, aceste formule au un **factor comun** care cuprinde, sub o formă sau alta, parametrii principali de funcționare ca : viteza, temperatura și greutatea specifică a impurităților. Acest factor comun poate fi numit F și are următoarea formă :

$$F = \sqrt{\frac{\eta_g}{\gamma_1 w_1}}. \qquad \text{(VI.13)}$$

Cu factorul comun F s-ar putea calcula un coeficient de corectare ținînd seama de gradul de separare, atît cel efectiv, cît și cel calculat.

Din practica de exploatare a rezultat că gradul de separare în astfel de aparate este practic constant la o temperatură cuprinsă între 0 și 300°C, atîta timp cît pierderile de presiune se mențin egale. De asemenea, s-a mai constatat că, conținutul de impurități are numai o mică influență asupra pierderii de presiune, ba chiar un conținut mare de impurități solide micșorează pierderea de presiune (datorită reducerii turbulenței curgerii fluidului).

Variația eficacității ciclonului în funcție de condițiile de exploatare :

1) *Variația în funcție de concentrația de impurități din fluidul de epurat se poate verifica cu relația :*

$$\frac{100 - E_1}{100 - E_2} = \left(\frac{c_2}{c_1}\right)^{0,182}; \qquad \text{(VI.14)}$$

E_1 = eficacitatea aparatului în cazul funcționării cu parametrii în situația 1) ;

E_2 = eficiența aparatului în cazul funcționării cu parametrii în situația 2) ;

c_1 = concentrația de impurități în fluid în situația 1) ;

c_2 = concentrația de impurități în fluid în situația 2).

Deci, cunoscîndu-se eficacitatea la o anumită concentrație, din relația (VI.14) se poate deduce eficacitatea la o altă concentrație.

2) *Variația în funcție de temperatura fluidului de epurat se poate verifica cu relația :*

$$\frac{100 - E_1}{100 - E_2} = \left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\right)^{0,5}; \qquad \text{(VI.15)}$$

η_1 = viscozitatea fluidului de epurat la temperatura corespunzătoare situației 1);

η_2 = viscozitatea fluidului de epurat la temperatura corespunzătoare situației 2).

3) *Variația în funcție de greutatea specifică a fluidului de epurat se poate verifica cu relația:*

$$\frac{100 - E_1}{100 - E_2} = \left(\frac{\gamma_i - \gamma_{f1}}{\gamma_i - \gamma_{f2}}\right)^{0,5}; \qquad \text{(VI.16)}$$

γ_i = greutatea specifică a impurităților din fluid [kgf/m³];

γ_{f1} = greutatea specifică a fluidului în situația, 1 [kgf/m³];

γ_{f2} = greutatea specifică a fluidului în situația 2, [kgf/m³].

VI.3. MULTICICLOANELE

O constatare importantă din punct de vedere constructiv este aceea că randamentul separării în cicloane crește în raport cu micșorarea diametrului lor. Acest fenomen a dat naștere la un agregat denumit multiciclon, care a început să aibă întrebuințare din ce în ce mai largă și se întîlnesc tot mai des în componența instalațiilor de protejare a aerului atmosferic.

Aceste agregate sînt compuse prin punerea în paralel a unui număr important de cicloane mici. Ele au avantajul de a permite utilizarea de forțe centrifuge mai mari pentru aceeași viteză de intrare (deoarece la acest fel de aparate viteza centrifugă este invers proporțională cu raza de girație).

La conceperea și confecționarea acestor agregate apare problema găsirii celui mai bun dispozitiv de distribuție uniformă a fluidului la fiecare ciclon (diametrul acestor cicloane mici, numite și microcicloane, variază între 100 și 400 mm). Rezolvarea în bune condiții a acestui deziderat a dus la o oarecare modificare și simplificare a construcției cicloanelor mici în comparație cu cele mari. Schimbările apărute sînt nu numai din punct de vedere constructiv, ci și din punct de vedere al producției de serie.

Există multe sisteme și modele de multicicloane. Ele se deosebesc unele de altele prin dimensiuni, aranjamentul microcicloanelor, distribuția lor, configurația diferitelor piese, poziția axei în spațiu, materialul utilizat la confecționarea lor etc. O deosebire esențială constă în procedeul de realizare a mișcării elicoidale a fluidului. La unele mișcarea fluidului se face prin racordarea tangențială a conductei de aducere la partea cilindrică a ciclonului, așa cum se face în mod curent la acest fel de aparate. La altele

intrarea se face axial, iar vîrtejul este creat de niște aripioare elicoidale sudate de țeava de evacuare. În unele cazuri mișcarea elicoidală a fluidului se realizează cu un aparat de ghidare montat în spațiul inelar dintre peretele părții cilindrice și tubul central de evacuare a fluidului epurat. Un astfel de aparat de ghidare constă din rozete cu palete așezate sub un unghi de 25—30° față de axa ciclonului sau din palete sub formă de spire. În fig. VI.3 este redată schema unor microcicloane cu diferite dispozitive de ghidare a fluidului de epurat.

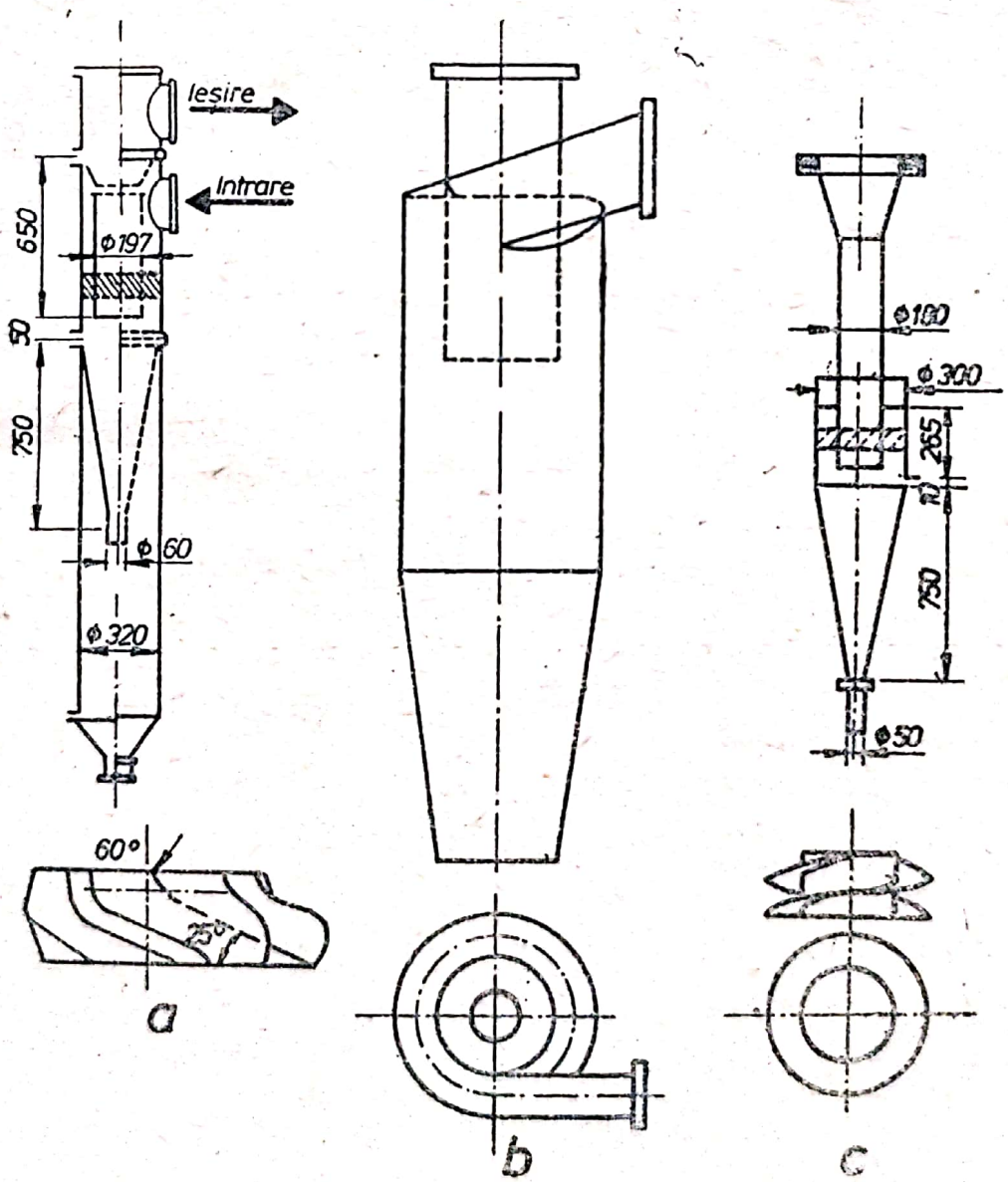


Fig. VI. 3. Diferite forme de microcicloane.

Dimensiunile în plan a microcicloanelor cu aparate de ghidare sînt mai mici decît ale celor cu nipluri tangenţiale şi de aceea pot fi aşezate mai bine în baterie.

La montarea multicicloanelor este foarte important să se realizeze o foarte bună repartiţie a fluidului în microcicloane, deoarece inegalităţile riscă să se ajungă rapid la înfundarea acestora şi la uzuri neuniforme.

Din cele arătate pînă aici rezultă avantajele multicicloanelor faţă de cicloanele simple. Datorită însă condiţiilor care se impun acestor agregate problemele de exploatare care se ridică sînt de asemenea mai complicate. Supravegherea lor continuă este absolut necesară deoarece din diferite cauze (eroziune, trepidaţii, grad de umiditate şi viscozitate necorespunzător etc.) aceste microcicloane se pot mişca sau uza şi intrarea fluidului de epurat în ele nu se mai face uniform, provocînd la unele elemente depuneri care pot duce la înfundare, deci reducerea randamentului agregatelor. Reducîndu-se secţiunea din cauza depunerilor se măreşte viteza, cresc rezistenţele şi deci consumul de energie.

În mod normal rezistenţele într-un astfel de agregat nu trebuie să depăşească 25—50 mm H_2O, iar randamentul de epurare trebuie să fie de $\approx$ 70%.

Întrucît aceste agregate se construiesc din metal trebuie să se aibă în vedere a nu fi utilizate la fluide cu temperaturi mari care ar duce la deformarea microcicloanelor.

Trebuie de asemenea luate măsuri ca în astfel de cazuri să fie izolate la exterior pentru a împiedica condensările, în special în sezonul rece, condensări care ar duce la lipirea impurităţilor solide de perete şi pe lîngă reducerea secţiunii ar mări şi gradul de rugozitate.

Pentru orientare, în tabelul VI.3 este dat numărul de microcicloane de la o centrală termoelectrică în funcţie de debitul de abur al unor cazane.

VI.4. CICLOANE SPECIALE

Cicloanele se execută în general din metal, iar în ultimul timp cele mai mari din beton armat. Din această cauză ele nu pot fi utilizate la epurarea fluidelor cu temperaturi mai mari decît le prmite materialul din care sînt confecţionate.

Datorită apariţiei unor materiale de construcţii care rezistă la temperaturi din ce în ce mai ridicate, s-au putut realiza şi ci-

Tabelul VI.3.

Numărul de microcicloane de la o centrală termoelectrică în funcţie de debitul de abur al unor cazane

Debitul cazanului [t/h]	Numărul microcicloanelor şi dimensiunile acestora	Debitul de gaze [m³/h/element]
210—220	720(4 × 12 × 15)	518—551
210—220	660(4 × 11 × 15)	471—509
210—220	600(4 × 10 × 15)	420—462
210—220	540(4 × 9 × 15)	376—419
210—220	490(4 × 8 × 15)	350—367
160—170	520(4 × 11 × 12)	394—409
160—170	480(4 × 10 × 12)	338—382
160—170	432(4 × 9 × 12)	304—339
160—170	384(4 × 8 × 12)	263—302
120	360(4 × 9 × 10)	256—292
120	320(4 × 8 × 10)	215—250
120	280(4 × 7 × 10)	197—216
75	256(4 × 8 × 8)	179—195
75	224(4 × 7 × 8)	154—176
75	192(4 × 6 × 8)	125—151
75	167(3 × 8 × 7)	116—132
50	148(3 × 7 × 7)	100—113
50	126(3 × 6 × 7)	90—99
50	112(2 × 8 × 7)	72—93
35	98(2 × 7 × 7)	68—77
35	84(2 × 6 × 7)	63—67
20—25	60(2 × 6 × 5)	39—52
20—25	50(2 × 5 × 5)	36—39

cloane pentru fluide (gaze sau aer) cu temperaturi mult mai ridicate ajungîndu-se pînă la 1 000°C și chiar mai mult.

Rezultă că astfel de aparate necesită o exploatare cu totul specială, adică se vor respecta întocmai instrucțiunile date de către firma furnizoare. Debitul aparatelor de acest fel întîlnite în practică este de ordinul a 100 000 m^3/h, au o pierdere de presiune redusă (de ordinul a 4 mbar) și o eficacitate rezonabilă ($\approx$ 90%).

VI.5 FILTRELE CU ȚESĂTURI

Procesul de separare a impurităților este bazat pe trecerea fluidului printr-un material textil ale cărui caracteristici diferă de la un aparat la altul și de la un furnizor la altul. Materialul textil utilizat la separare are diferite forme (tuburi, forme plane, contracurent etc.; v. §§ II.3.5.,d), denumirile comerciale ale acestora fiind date în tabelul II.1.

În afară de cele arătate în capitolul anterior, în urmărirea exploatării sînt importante următoarele constatări.

Rezultatele obținute din practică în timpul exploatării arată că există o **relație liniară între viteza de trecere, pierderea de presiune, cantitatea de impurități depusă și concentrația în impurități la intrarea în aparat** (v. relația II.26). Adică :

Δp_M = pierderea de presiune maximă admisă ;
Δp_N = pierderea de presiune imediat după curățire ;

$$\Delta p_M - \Delta p_N = k\,\mu\,c v_m^2 \Delta\theta; \qquad \text{(VI.17.}$$

k = o constantă ;
μ = viscozitatea dinamică a gazului [poise] ;
v_m = viteza medie de trecere [cm/s] ;
$\Delta\theta$ = intervalul de timp dintre două curățiri.

Din relația (VI.17) rezultă **valoarea vitezei medii** v_m :

$$v_m = \sqrt{\frac{\Delta p_M - \Delta p_N}{k\mu c\Delta\theta}}. \qquad \text{(VI.18)}$$

Această relație este suficientă pentru a se urmări în exploatare viteza medie de trecere a fluidului de epurat printr-un astfel de aparat. În literatură se întîlnesc și alte relații care permit verificarea diametrului mediu al particulei, relații care de asemenea au fost verificate în practică. Toate sînt valabile căci erorile asupra diametrului mediu obținut este de același ordin de mărime ca și acela de la pierderea de presiune.

Importante de cunoscut în exploatarea acestor aparate sînt următoarele :

1) *Parametrul de inerție P_i crește cu diametrul d_p al particulei și este în funcție de raza fibrei R.*

2) *Randamentul crește cu d_p și cînd raza fibrei R scade* De aceea se naște interesul de a se alege fibre din ce în ce mai fine, deoarece un astfel de filtru reduce diametrul mediu al particulei și crește uniformitatea de distribuție. Acest fenomen este arătat în fig. VI.4.

3) *Randamentul crește cu adîncimea elementului filtrant (sau grosimea țesăturii h).*

4) *Dacă parametrul de inerție P_i este preponderent, randamentul crește cu viteza v.* Fenomenul ar fi contrar dacă parametrul de difuzie ar fi preponderent (particule submicronice).

5) *Randamentul crește dacă viteza v descrește.* În instalațiile pentru condiționarea aerului fibrele utilizate sînt groase și porii largi. În aceste cazuri fibrele sînt unse cu ulei sau îmbibate cu un produs viscos pentru o mai bună aderență a impurităților de captat. În asemenea situații, viteza *v* a fluidului de epurat trebuie să fie ridicată ; dacă este prea redusă fluidul ar trece fără să atingă suprafața îmbibată. La filtrele cu țesături uscate utilizate la

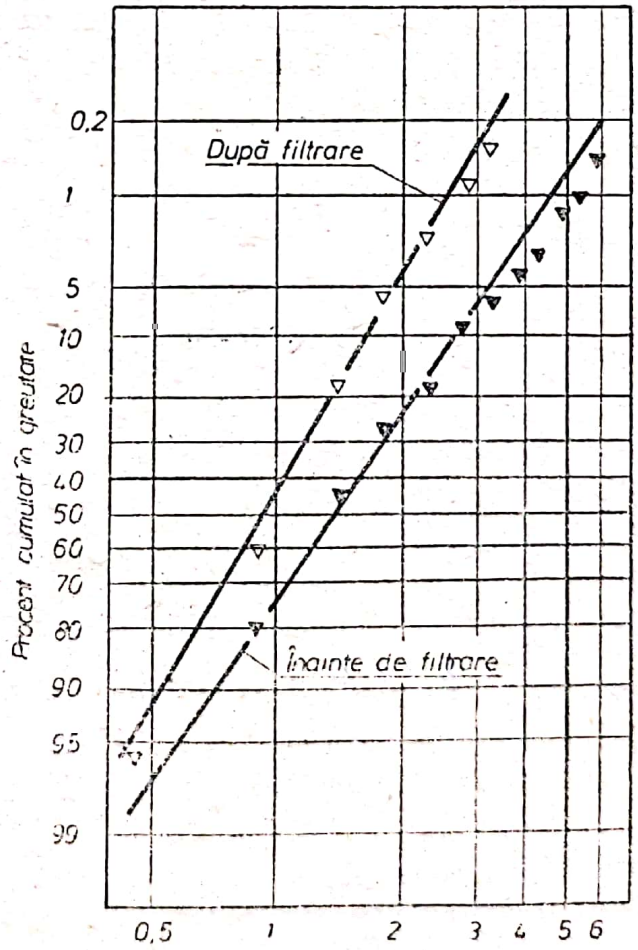


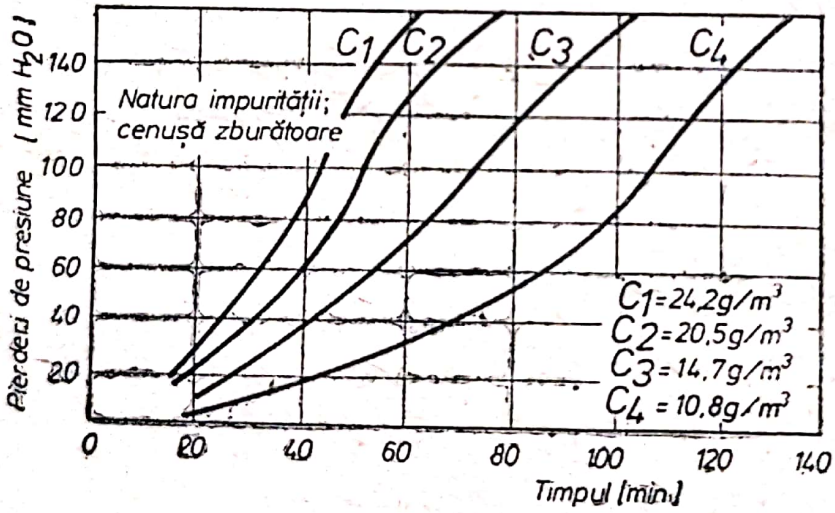
Fig. VI. 4. Granulometria înainte și după filtrare. Diametrul particulelor [μ].

epurarea fluidelor în industrie nu este însă recomandat să se mărească viteza fluidului de epurat deoarece dacă aceasta este prea mare poate apărea reantrenarea impurităților captate.

Stratul de impurități crește în grosime cu viteza v, dacă intervalul de timp necesar pentru a ajunge la maximum de pierdere de presiune este mai scurt. Se ia deci în general viteza v, cît mai redusă, iar curgerea de traversare a filtrului din țesături să fie laminară.

6) *Pierderea de presiune a unui filtru curat variază cu inversul pătratului razei R a fibrei.* Cum coeficientul γ (o constantă specifică a randamentului) este invers proporțional cu R^2, randamentul este funcție directă de pierderea de presiune.

Principalele țesături filtrante la care rezistența și randamentul de captare cresc foarte repede la început, au randamente foarte apropiate și cînd ele sînt încărcate cu particule solide la aceeași pierdere de presiune. Curgerea la traversarea unui astfel de filtru trebuind să fie laminară, pierderea de presiune pentru o concentrație de impurități dată este proporțională cu viteza de curgere. Pierderea de presiune crește cu concentrația și variază cu aceasta. (În fig. VI.5 este arătată evoluția pierderii de presiune în funcție de timp pentru diverse concentrații de cenușă zburătoare.)



Fi. VI.5. **Pierderile de presiune în funcție de timp la filtre cu țesături.**

7) *Cînd depunerea de praf crește, porii țesăturii se obturează, pierderea de presiune crește, deci și randamentul.* Acest strat servește pentru a capta mai ușor particulele. Practica arată că randamentul este mai scăzut cînd țesătura este curată și el devine maximum cînd pierderea de presiune atinge valoarea pentru care curățirea se simte necesară.

Evident, filtrul ideal este acela care posedă cel mai bun randament cu cele mai mici pierderi de presiune și cea mai bună capacitate de reținere a impurităților, pentru o pierdere de presiune dată.

Țesăturile utilizate sînt foarte diferite, fiind în funcție de natura impurităților de epurat și de tehnologia de lucru a întreprinderii respective. Caracteristicile celor mai des folosite în practică sînt date în tabelul VI.4, iar rezultatele obținute în exploatare cu unele din acestea sînt arătate în tabelul VI.5.

În afară de exigența în ceea ce privește rezistența chimică și temperatura, o țesătură ideală trebuie să fie nealterabilă, de bună calitate mecanică (rezistența la rupere prin flexiune și tracțiune) și să aibă o bună permeabilitate a fluidului. Pînă la data actuală nu se poate încă spune că există o țesătură ideală, ceea ce face ca alegerea ei pentru o utilitate dată să fie întotdeauna o problemă.

Fibrele sintetice au încă un preț ridicat, dar prezintă mai multe calități care le fac superioare fibrelor naturale. În plus, ele sînt neputrezibile, insensibile la bacterii, absorb puțin umiditatea și rezistența lor mecanică este remarcabilă. Ele sînt termoplastice, adică pot fi stabilizate prin termofixație (slabe alungiri sau restrîngeri în cursul utilizării).

Pentru găsirea unor fibre care să întrunească din ce în ce mai multe calități se fac cercetări continuu. Deși spațiul este restrîns, totuși se va enunța un rezultat în această direcție care promite foarte mult și anume : cunoscîndu-se proprietățile excepționle ale carbonului amorf și ale grafitului, s-a reușit să se obțină fibre lungi (cu diametrul de la 0,1 la 0,25 mm) constituite din fibre elementare groase de la 5 la 12 μ cu un conținut de carbon de 90—95% și un conținut de cenușă variind între 0,4 și 0,6% (calitate normală) și 10 ppm (calitate specială).

De asemenea, se mai execută **împletituri din carbon sau din grafit** constituite din fibre elementare cu diametre cuprinse între 2 și 5 μ avînd următoarele **caracteristici** : ● *diametrul aparent de la 0,7 la 1,3 mm (fire) și 2,1 mm (împletituri)* ; ● *greutatea pe 100 m lungime este de 10—15 g (fire și 130—175 g (împletituri)* ; ● *rezistența de 24—60 Ω /m (fire) și 70—90 Ω /m (împletituri)* ; ● *conținutul de carbon de 95—100%* ; ● *conținutul de cenușă de 0,5 % (fire) și 0,8—0,15 % (împletituri)* ; ● *se livrează sub formă de țesături de carbon sau de grafit în lățime de la 0,8 la 0,9 m și de la 10 la 37 m lungime, iar grosimea de la 0,2 la 0,4 mm (greutatea pe 1 m² fiind inttre 58 și 340 g).*

O atenție deosebită care trebuie acordată în exploatare acestui fel de aparate este curățirea ritmică a pînzelor. Deși mai înainte

Tabelul VI.4. **Caracteristicile unor ţesături folosite la acest fel de filtre**

Material	Temperatura maximă la care poate lucra, °C	Rezistenţe fizice					Rezistenţe chimice				
		Gaze uscate	Gaze umede	Abraziuni	Vibraţii	Flexiuni	Acizi minerali	Acizi organici	Alcalii	Oxidanţi	Solvenţi
Bumbac	75—85	*B*	*B*	*M*	*B*	*B*	*R*	*B*	*M*	*M*	*E*
Lină	89—90	*M*	*M*	*B*	*M*	*B*	*M*	*M*	*R*	*R*	*M*
Nylon(1)	115	*B*	*B*	*B*	*B*	*E*	*R*	*M*	*B*	*M*	*E*
Polypropilenă(2)	110	*B*	*M*	*E*	*E*	*B*	*E*	*E*	*E*	*B*	*B*
Crylon(3)	125—135	*B*	*B*	*B*	*B*	*E*	*B*	*B*	*M*	*B*	*E*
Tergal(4)	125—135	*B*	*M*	*B*	*E*	*E*	*R*	*B*	*M*	*M*	*E*
Nomex(5)	220	*E*	*E*	*E*	*E*	*E*	*R*	*E*	*B*	*B*	*E*
Teflon	260	*E*	*E*	*R*	*B*	*B*	*E*	*E*	*E*	*E*	*E*
Fibre de sticlă(6)	300—320	*E*	*E*	*R*	*R*	*M*	*E*	*B*	*B*	*E*	*E*
Rhovyl (clorură de polivinil)	40—50	*B*	*B*	*B*	*B*	*B*	*B*	*B*	*B*	*B*	*B*

E = excelent ; *B* = bună ; *M* = medie ; *R* = rea

1 = solubil pentru unele compoziţii fenolice. Absoarbe uşor umiditatea

2 = solubil în solvenţi colorăţi la temperatură înaltă

3 = foarte interesant pentru produse condensabile

4 = dizolvant pentru acid sulfuric. Posibilă hidroliză cu vapori de apă

5 = sensibil la acizi. Se va utiliza deasupra punctului de rouă acidă

6 = ţesătura este siliconată, grafitată, teflonată pentru a ameliora rezistenţa mecanică şi chimică

Tabelul VI.5. **Rezultate obţinute în exploatare cu filtre din ţesături şi date asupra ţesăturilor**

Ţesătura	Grosimea [mm]	Greutatea [mg/cm²]	Greutatea [g/cm³]	LV [%]	Δp [mm H_2O]	S [mH_2O/cm³]	t [min]	Q [mg/m³]	Pulbei [mg/cm²]	η [%]	d_{pm} [μ]	P [mg . cm²/ mm H_2O . cm . sz]	Pn [mg . cm²/ mm H_2O . cm . sz]
Bumbac 1	0,4	18,5	0,46	70	25	0,41	105	96,9	17,0	18,5	20	15	13,8
Bumbac 9g	1,2	47,0	0,39	74	107	1,75	20	103,3	7,0	90,7	8	27	4,1
Bumbac 9g	1,6	51,0	0,29	80	68	1,10	16	61,5	3,5	96,5	4	43	6,7
Lînă 51	1,6	26,5	81,00	26	26	0,43	45	57,2	9,0	96,8	3	93	7,5
Lînă 65	1,9	34,5	0,27	79	38	0,62	26	54,0	5,0	93,9	5	82	5,0
Relon 36g	0,6	47,0	0,44	62	30	0,48	40	50,8	3,0	43,9	25	55	2,6
Relon 76g	0,9	40,0	0,38	70	40	0,66	30	70,8	4,5	57,7	15	49	4,5
Relon 36r	0,75	28,0	0,37	68	35	0,57	35	182,0	22,0	91,9	7	52	20,6
Relon 76r	1,25	36,0	0,29	75	44	0,72	30	64,3	6,0	85,9	9	50	6,6
Ţesături metalice 30	0,3	155,0	5,18	54	24	0,39	9	30,3	9,0	86,0	9	400	7,2

S = suprafaţa secţiunii libere de trecere; *g* = ţesătură netedă; *r* = ţesătură cu rugozitate; *LV* = volumul porilor; Δp = rezistenţa iniţială la 2 200 m³/m²/h; *t* = timpul pînă la refacerea rezistenţei de la 100 mm H_2O (la bumbac 9 g de la 170 mm H_2O); *Q* = volumul de impurităţi acumulat în timpul *t*; η = randamentul de captare a aparatului; d_{pm} = diametrul maxim al particulelor (praf) de impurităţi care au trecut prin ţesătură în timpul *t*; *P* = permeabilitatea ţesăturii neîncărcată cu impurităţi; P_n = permeabilitatea pentru stratul de impurităţi (praf) acumulate.

Scanned with OKEN Scanner

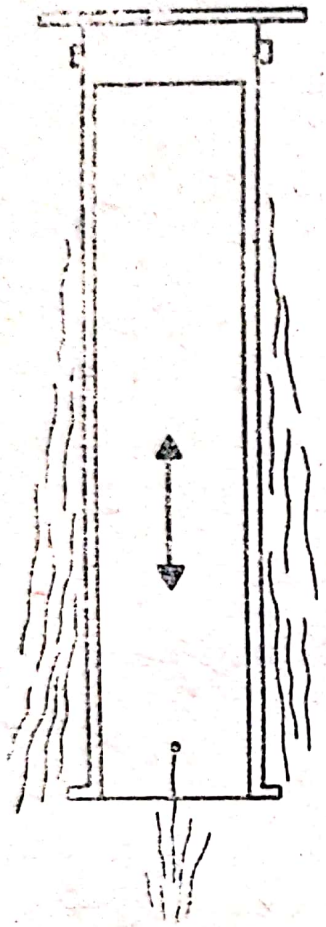


Fig. VI.6. **Curăţirea prin scuturare**

s-a arătat că randamentul creşte cu stratul depunerilor de impurităţi pe ţesătura utilizată, există o limită după care randamentul aparatelor scade, deoarece intervine fenomenul de înfundare, cînd aparatul este scos din funcţiune blocînd întreaga instalaţie de epurare a aerului atmosferic. Pentru evitarea acestui grav inconvenient, aparatele moderne au sisteme automate de curăţire cu un ciclu fixat sau reglabil după dorinţă.

Sistemele de curăţire, cel mai des în tîlnite în practică, sînt următoarele :

1) *Curăţirea prin scuturare* (fig. VI.6). La acest sistem scuturarea pînzelor se face fie axial, fie transversal. El se compune dintr-un ansamblu mecanic. Este un sistem eficace, dar foarte zgomotos şi cere o mare rezistenţă la rupere din partea ţesăturilor. Organele mecanice utilizate sînt supuse uzurii prin abraziune din cauza împurităţilor solide cu duritate mare. Asupra modului de funcţionare a acestui sistem se va insista în capitolele următoare legate de întreţinerea lui.

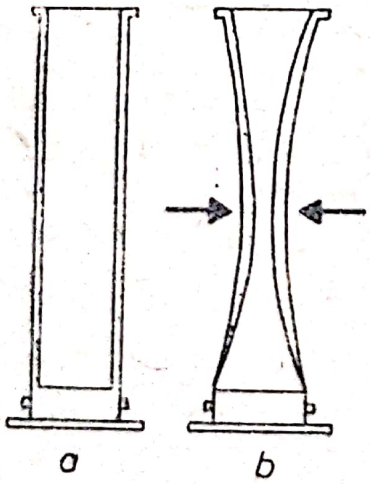


Fig. VI.7. **Curăţire prin aer în contracurent :**
a — tub în serviciu; **b** — tub în curăţire.

2) *Curăţirea prin admisia aerului în contracurent* foloseşte admisia unui debit de aer în contracurent care presează ţesăturile către interior. Această compresiune laterală sparge stratul de impurităţi depus pe ţesătură. Perioada aşa zisă „perioada zero“, care urmează imediat perioadei de comprimare, şi cînd presiunea se egalizează permite impurităţilor să cadă în buncărul de la baza aparatului, în timp ce ţesăturile reiau forma lor iniţială. Acest sistem este tot aşa de eficace ca şi precedentul, dar mai puţin zgomotos.

3) *Curăţirea prin emiţător de înaltă frecvenţă* sau *curăţirea sonică* utilizează de obicei un emiţător de sunete de 130—150 db. Amplitudinea acestei vibraţii este foarte slabă şi nu este perceptibilă cu ochiul liber (fig. VI.8). Eficacitatea este bună şi acest sistem se asociază în mod curent cu cea precedentă de admisie a aeruui în contracurent. Acest sistem fiind încă în faza experimentală el se întîlneşte numai acolo unde nu se pot folosi celelalte sisteme obişnuite.

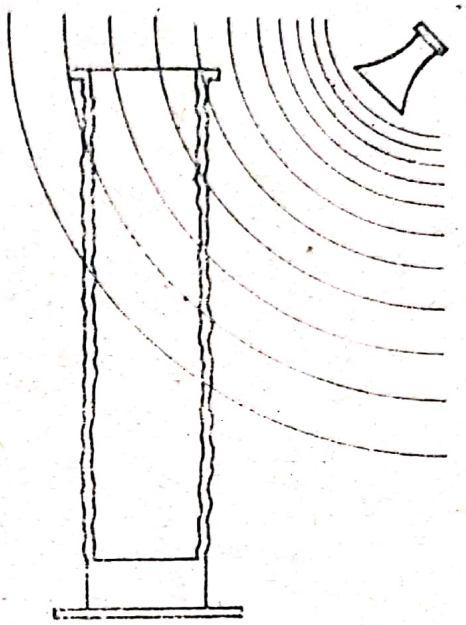


Fig. VI.8 **Curăţire acustică.**

4) *Curăţirea prin jet de aer cu mare viteză* (fig. VI.9) constă din insuflarea în tuburile de ţesătură ale aparatului aer sub presiune. Fenomenul care apare este o răsucire a acestor tuburi. Cantitatea de aer este redusă şi operaţia nu durează decît un timp foarte sourt (inferior unei secunde). Bula de aer se propagă foarte rapid în lungimea tubului de pînză şi îndepărtează impurităţile captate. Acest sistem comportă mai multe pulsaţii. El este eficace, dar este de asemenea zgomotos şi provoacă o uzură a ţesăturilor.

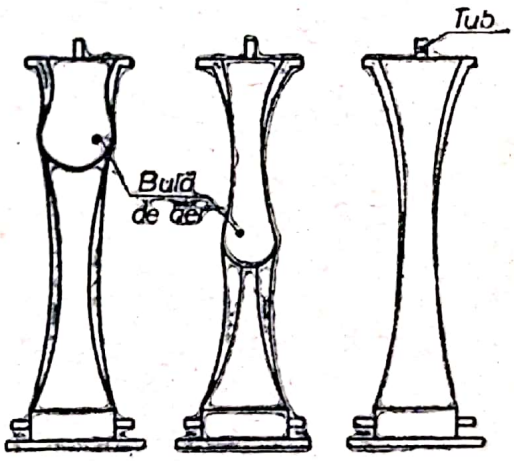


Fig. VI.9. **Curăţire prin jet de aer cu mare viteză.**

Timpul necesar între două curăţiri succesive se verifică cu relaţia :

$$g = c\sigma\frac{t}{60}; \qquad \text{(VI.19)}$$

g = capacitatea de acumulare a impurităţilor în materialul filtrant între două curăţiri succesive [g/m²] ;

c = concentrația de impurități în fluidul de epurat brut [g/m³];
σ = solicitarea [m³/m²·h];
t = timpul între două curățiri succesive [min].

Concentrația c, trebuie considerată în zona suprafeței filtrante și nu la intrarea în aparat, întrucît există o decantare și în buncărul aparatului, care face ca aceste valori să difere.

La definirea capacității de acumulare s-a admis că după fiecare ciclu de curățire impuritățile acumulate în țesătură filtrantă se elimină integral. În realitate rămîne însă o anumită cantitate la fiecare ciclu, care se acumulează progresiv pînă cînd se ajunge la un regim staționar. Din acest motiv *g* este denumit *aportul de impurități în cursul unui ciclu*, iar impuritățile, remanente se consideră ca făcînd parte din mediul filtrant.

Făcînd o recapitulare a celor cîteva sisteme de curățire se pot trage următoarele concluzii :

1) *Ultimele 3 sisteme sînt tot mai des întîlnite în exploatare fiind preferate de clientelă, deoarece funcționarea lor complet automată este în general de o mare simplitate.*

2) *Ciclul de curățire este reglabil după voință și permite să se găsească cea mai bună cadență pentru a se obține un randament bun, o pierdere de presiune redusă și o longevitate bună a țesăturii.*

3) *Sistemul de curățire prin admisia aerului în contracurent se pare că este cel mai sigur și dă cele mai bune rezultate pentru o bună eficacitate și longevitate a țesăturii.*

Față de cele arătate pînă acum rezultă că **atenția personalului care urmărește exploatarea acestor aparate trebuie să se concentreze în principal asupra următoarelor criterii :** ● *natura problemei la care este supus aparatul ;* ● *caracteristicile fizico-chimice ale fluidului și impurităților ;* ● *concentrația impurităților în fluid la intrarea în aparat ;* ● *natura și caracteristicile țesăturilor ;* ● *sistemul de curățire.*

Aceste criterii sînt minime dar suficiente pentru a se obține o bună exploatare, dar ele trebuie controlate și respectate cu toată strictețea în conformitate cu instrucțiunile date de furnizorul aparatelor pentru că, de fapt, pentru un tip de filtrare dat, o aplicare dată și o alegere corectă a țesăturii, baza de întreținere se reduce la un singur criteriu și anume viteza de trecere a fluidului de epurat la traversarea filtrului.

Definiția vitezei este următoarea :

1) *Viteza brută de trecere* care este reprezentată de raportul :

$$\frac{\textit{Debitul de fluid de epurat}}{\textit{Suprafața filtrantă totală}}.$$

2) *Viteza efectivă de trecere* care este reprezentată de raportul :

$$\frac{\textit{Debitul de fluid de epurat}}{\textit{Suprafața filtrantă în cursul utilizării}}.$$

adică suprafața filtrantă totală mai puțin suprafața filtrantă conținută în compartimentul în curs de curățire.

Valorile recomandate pentru viteza efectivă depind de sistemul de curățire, ele variind de la 1,5 la 0,5 cm/s.

O permanentă supraveghere trebuie acordată stării pînzelor folosite la epurare, deoarece prezența de găuri va permite, odată cu trecerea fluidului prin acestea, și trecerea cantităților de impurități cuprinse în acesta.

De asemenea, funcționarea corectă a sistemelor de curățire este un factor determinant. Deși ciclurile sînt reglate să funcționeze automat, nu trebuie uitat că ele funcționează pe bază de organe mecanice care oricînd se pot defecta și nesesizarea acestor defecțiuni la momentul oportun pot aduce mari neajunsuri în exploatarea instalațiilor de protejare a aerului atmosferic.

În continuarea celor arătate mai înainte, **în exploatare se mai recomandă a se urmări :**

1) *La filtrarea fluidelor cu concentrații mari se va acorda o deosebită atenție decantării preliminare pentru a descărca sarcina elementelor filtrante.*

2) *Ca sisteme de scuturare se vor prefera acelea care folosesc și inversarea curentului de aer cu duze de ejecție care se pare a fi cele mai eficiente.*

3) *Se vor utiliza pe cît posibil comenzi automatizate pentru scuturarea elementelor filtrante și evacuarea produselor colectate în aparat pentru a se evita mersul în gol al utilajelor, în special a celor de capacități mari.*

4) *Carcasele vor fi de regulă paralelipipedice, excepție făcîndu-se la aparatele de capacități mici, unde se pot adopta și alte forme.*

5) *La epurarea fluidelor cu temperaturi ridicate se vor introduce schimbătoare de căldură în prealabil, iar ca materiale de filtrare se vor alege acelea care rezistă la temperatura respectivă.*

6) *Se recomandă utilizarea tuburilor textile (saci, mîneci) cu diametre mici (100—150 mm).*

7) La unitățile industriale mari (case de filtrare) se va utiliza circulația clasică din interior către exterior (la lungimi mari diametrul tuburilor textile va fi cel puțin 1/20 din lungimea lor. La scuturare se va prefera inversarea sensului de circulație a fluidului, în loc de ejecție se vor folosi comenzi prin jocuri de clapete).

8) În cazul epurării de gaze cu umiditate ridicată se vor lua măsuri de preîncălzire a aparatelor în scopul de a se evita condensul (se va controla permanent temperatura fluidului de epurat la intrarea în aparat și scoaterea automată a acestora din circuit în cazul în care se depășesc limitele de temperatură și umiditate impuse).

9) Pentru evitarea descărcărilor electricității statice se vor prevedea tratări antistatice și legările respective la pămînt.

VI.6. FILTRELE ELECTRICE

Acest fel de aparate se utilizează în cazurile în care este necesară o curățire mai bună a fluidelor de epurat. Modul de funcționare în linii generale și condițiile pe care trebuie să le îndeplinească aceste aparate, pentru a asigura o funcționare ireproșabilă au fost arătate în §§ II.35, e, de aceea în continuare nu se va mai reveni asupra acestora, ci se va atenționa personalul care le exploatează, asupra măsurilor ce trebuie să le ia și care părți din aceste aparate să le fie sub o observație continuă și deosebită, pentru a asigura randamentele pentru care au fost concepute.

De la început se atrage atenția că aceste aparate sînt foarte scumpe și foarte complicate, iar exploatarea lor nu este o treabă ușoară dacă nu se cunoaște componența, precum și modul de funcționare. Întrucît scopul acestei lucrări este strict dirijat numai asupra exploatării, spațiul afectat nu permite și o descriere a componenței și modului de funcționare. De aceea se atrage atenția în mod cu totul deosebit celor care conduc exploatarea, ca personalul care deservește aceste aparate să fie foarte bine instruit și să le cunoască în amănunțime. Să cunoască în totalitate instrucțiunile de exploatare date de firmele furnizoare și condițiile din cartea tehnică a aparatului, iar acestea să fie respectate cu sfințenie.

În afară de instrucțiunile date de firmele furnizoare, pentru a ușura munca acestui personal se vor face în continuare unele **recomandări folositoare pentru unele situații întîlnite în practică la acest fel de aparate,** chiar cu riscul de a da explicații suplimentare la unele probleme tratate deja în capitolele anterioare.

1) Cu cît conținutul de fracțiuni mici este mai mare în concentrația de impurități a fluidului de epurat, cu atît randamentul aparatului este mai mic (fig. VI.10):

2) Durata staționării fluidelor de epurat să fie în medie de 3—4 s.

3) Distribuția uniformă a fluidului în partea activă a aparatului este de asemenea de o importanță deosebită.

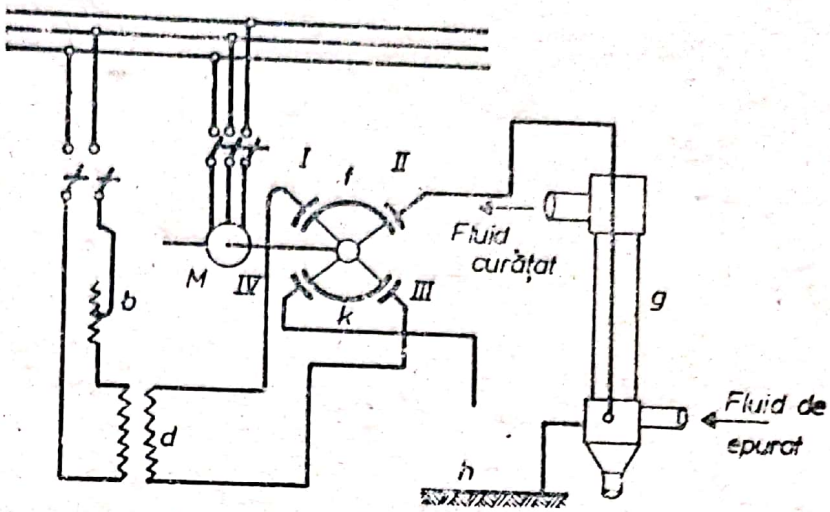


Fig. VI.10. **Schema de principiu a epurării fluidelor pe cale electrică:**
M — motor; *b* — reostat; *d* — bobinaj secundar de înaltă tensiune; *z* — redresor mecanic; *h* — legătură la la pămînt; *I, II, III* — contacte; *g* — epurator electric; *f, k* — segmente.

4) O mare atenție trebuie acordată în cazul în care aparatul este instalat în coturi sau în porțiuni apropiate de coturi, deoarece în asemenea cazuri eficacitatea epurării scade în mod sensibil.

5) La viteze mici ale fluidelor în astfel de aparate și în cazul rezistențelor mici la trecerea fluidelor (5—10 mm H_2O, exclusiv conductele de fluide), problema cea mai complexă și insuficient soluționată este distribuția uniformă a fluidului de epurat pe toată secțiunea aparatului, care de fapt asigură eficacitatea funcționării lui.

6) Pentru protecția personalului de deservire împotriva acțiunii înaltei tensiuni, electrozii de depunere trebuie să fie bine legați la pămînt.

7) Pentru a se menține o diferență mare între suprafețele electrozilor de polaritate opusă, ceea ce este necesar pentru formarea efectului corona, plasele cu efect corona trebuie să aibă un ochi mare de 200 mm și chiar mai mult.

8) Curentul alternativ obținut prin bobinajul secundar de înaltă tensiune atinge valori cuprinse între 40 000 — 90 000 V, deci măsurile de izolare a acestuia sînt de mare importanță.

9) Turația redresorului mecanic trebuie să fie cea prescrisă în cartea tehnică a aparatului ($\approx$ 1 500 rot/min).

10) Consumul de energie electrică în astfel de aparate în mod normal este $\approx$ 0,1 kWh pentru 1 000 m^3 fluid de epurat.

11) O deosebită atenție trebuie acordată izolatorilor deoarece în fluidele de epurat se află impurități care murdăresc suprafața izolatorilor provocînd străpungeri. Prezența carbonului în aceste impurități micșorează randamentul aparatului și de asemenea poate fi cauză de străpungere. Asemenea străpungeri au loc de obicei pe izolatorii inferiori care servesc la evitarea oscilării ramelor cu conductori cu efect corona, atunci cînd acestea sînt scuturate. Din aceste motive, la unele aparate izolatorii inferiori sînt îndepărtați, iar izolatorii superiori sînt echipați cu un dispozitiv special cu orificii, prin care se refulează sau se aspiră aer pentru curățirea acestora de impuritățile superficiale.

12) Pentru curățirea conductorilor cu efect corona, aparatele trebuie să fie echipate cu un dispozitiv automat pentru scuturare. În cazul funcționării normale a dispozitivului automat, numărul scuturărilor trebuie să fie cuprins între 6 și 8/h.

13) Întrucît în momentul scuturării apare o scădere bruscă a efectului curățirii fluidului, scuturarea trebuie să fie periodică.

14) În cazul funcționării normale a unui aparat de epurare electrică, randamentul lui trebuie să fie cuprins între 99 și 95% și chiar mai mult. Scăderea randamentului este adesea provocată de murdărirea fluidului la scuturare.

15) Intrarea fluidului de epurat în aceste aparate se face întotdeauna de jos și nu de sus, pentru ca impuritățile care cad pe electrozi să nu murdărească fluidul epurat.

16) Un factor important în exploatarea acestor aparate este viteza de depunere la care, pe lîngă cele arătate la §§ II.3.5, e, se mai adaugă că, **forța care conduce la separarea din fluid a particulelor încărcate cu electricitate se poate verifica cu relația :**

$$F = neE_c; \qquad \text{(VI.20)}$$

n = numărul sarcinilor electrice ;

e = sarcina electrică ($4{,}8 \cdot 10^{10}$ unități electrostatice) ;

E_c = tensiunea cîmpului electric (IGGS = 300 V/cm).

Această forță imprimă o accelerație particulelor de impurități pînă cînd ea este egalată de rezistența fluidului. Particulele de impurități traversează cîmpul electric pînă ajung la electrozii colectori animate de viteze practic constante. Aceste particule depind de sarcina primită, care variază de la valoarea sarcinii elementare e_0 pînă la valoarea constantei dielectrice k a particulelor.

17) La verificarea determinării sarcinii maxime a particulelor se neglijează mărimea sarcinii primite de ele înaintea intrării

în cîmpul electric, precum și influența vîntului electric, a neomogenității cîmpului ionic și a încărcării particulelor în zona corona de către ionii de ambele semne.

18) *Sarcina particulei este de asemenea un factor care contribuie la buna funcționare a unui filtru electric.*

Numărul sarcinilor primite de o particulă se verifică cu relația:

$$n = \left(1 + 2\frac{k-1}{k+2}\right)\frac{E_c r_p^2}{\varepsilon_0}; \qquad \text{(VI.21)}$$

în afară de semnificațiile arătate la relația precedentă, r_p este raza particulei, iar k — o constantă electrică (fără dimensiuni).

19) O particulă bună conducătoare de electricitate ($k \to \infty$) poate avea cel mult de 3 ori sarcina electrică care poate fi atribuită unei particule izolate ($k \to 1$). Întrucît nici una din valorile extreme ale lui k nu sînt atinse în practică, numărul sarcinilor unei particule este de obicei același pentru același diametru.

20) Un aparat de epurare electric obișnuit poate da naștere la $\approx 10^8 \ldots 10^{10}$ ioni/cm^2, particulele fiind complet încărcate în $\approx 0{,}1$ s sau chiar mai puțin. După cele mai recente verificări făcute în exploatare a rezultat că încărcarea completă a unei particule de impurități se realizează într-o fracțiune de secundă, sau chiar mai puțin și în general nu se poate spune că există un factor limitativ al performanțelor unui aparat de epurare electrică.

21) Intensitatea curentului și tensiunea sînt doi factori foarte importanți pentru eficiența epurării unui aparat electric și buna lui funcționare în exploatare. Variația acestora cu valori care depășesc limitele admise prevăzute în cartea tehnică a aparatului poate creea mari neajunsuri.

Pentru aparatele de epurare electrică, la electrodul care produce efectul corona se poate folosi numai curentul continuu, pentru ca particulele de impurități aflate în suspensie în fluid să se deplaseze într-o singură direcție, deoarece în cazul alimentării aparatului de epurare electrică numai cu curent alternativ, deplasarea particulelor se va schimba la fiecare variație a tensiunii cîmpului, deci și direcția forței care acționează asupra unei particule încărcate. Aceasta va fi supusă unei serii de impulsuri, care o va îndrepta cînd spre un electrod cînd spre celălalt și va fi scoasă din aparat cu curentul de fluid, fără ca să aibă timp să ajungă la suprafața unuia dintre electrozi.

Electrozii care produc efectul corona trebuie alimentați numai cu curent continuu de sens negativ, deoarece acesta dă o mobili-

tate mai mare ionilor negativi care în aer au o viteză de ≈ 1,37 ori mai mare decît a celor pozitivi.

În cazul încărcării electrodului care produce efectul corona cu curent electric de sens pozitiv și a unei viteze mari de lucru a ionilor negativi, particulele se depun pe electrodul acesta și nu pe electrotul de depunere, anihilîndu-se procesul de separare.

22) *Rezultatele practice arată că odată cu creșterea intensității curentului se mărește și viteza de mișcare a particulelor de impurități spre electrodul de depunere, deci în felul acesta se îmbunătățește capacitatea de captare.* Practic, intensitatea curentului necesar se exprimă în miliamperi și se referă la metrul liniar de electrod corona (mA/m). Această intensitate este de obicei cuprinsă între limitele $I = 0{,}30 \ldots 0{,}50$ mA/m pentru electrozi tubulari și $I = 0{,}10 \ldots 0{,}35$ mA/m pentru electrozi în formă de plăci.

Intensitatea este invers proporțională cu diametrul electrodului care produce efectul corona; de aceea acești electrozi se fac foarte subțiri (2 . . . 4 mm). Ea este direct proporțională cu diferența de potențial aplicată și mărirea tensiunii îmbunătățește captarea impurităților.

Este totuși de remarcat că tensiunea nu trebuie să fie mai mică decît tensiunea critică V_0, care este influențată în special de următorii factori: temperatura și umiditatea fluidului, compoziția acestuia, presiunea, forma electrozilor care produc efectul corona și numărul lor.

De obicei valoarea căderii de potențial pe unitatea de lungime a electrodului se admite de cel mult 4,8 kV/cm pentru epurarea electrică a fluidelor care au temperatura normală și 4 kV/cm penru fluide calde.

23) *O mare atenție trebuie dată fluidelor care conțin umezeală și bioxid de sulf, deoarece în asemenea cazuri tensiunea de străpungere crește și permite să se mărească gradientul tensiunii.* Valoarea optimă a tensiunii se determină pe bază de calcule tehnico-economice. În mod obișnuit tensiunea se ia între limitele de 25 și 70 kV/cm, iar distanța între electrozii de sens opus se ia 100—200 mm.

Întrucît în multe întreprinderi există mai multe instalații de epurare dotate cu aparate care lucrează pe bază de diferite principii, în tabelul VI.6 sînt date cîteva performanțe comparative a unora din ele.

Cele arătate la acest punct legate de exploatarea filtrelor electrice sînt în adevăr succinte, dar suficiente pentru orientarea

Tabelul VI.6.

Performanţele tehnice comparative ale unui filtru electric în comparaţie cu ale aparatelor de epurare

Parametrul	UM	Multiciclon		Filtrul electric cu		Multiciclon combinat cu filtru electronic
		Arderea pulverizată a huilei	Arderea pulverizată a cărbunelui brun	1 treaptă	2 trepte	
				Arderea pulverizată a cărbunelui		
Cantitatea de fluid	[1 $m^3/m_N^3 \cdot h$]	450	450	450	450	450
Temperatura fluidului	[°C]	180—210	200	180—210	180	180—210
Numărul elementelor	[buc.]	4×160	4×140	—	—	—
Pierderea de presiune	[mm H_2O]	38	80	10	7	38 (la bateria ciclon) 50—70 total
Concentraţia fluidului la intrarea în aparat	[g/m_N^3]	11—18	20—25	2,6—4,2	30	11—18
Grad de separare	[%]	76,6	83,0	92,7	95	76,6 (ciclon 95,7 (filtru electric) 91,0 (total)
Mărimea particulelor separate	μ	10	10	1	1	—
Consum specific de energie	[$kWh/10^3m^3$]	0,25	0,45	0,2	0,259	0,40
Consum de metal	[$kg/10^3m^3$]	250	250	380—350	300	730

atît a celor care conduc exploatarea, cît şi a celor care le deservesc.

Înainte de a închide aceste relatări, se consideră că trebuie făcută totuşi următoarea **remarcă de ordin economic:** aceste aparate sînt de capacităţi mari, în prezent ajungînd pînă la 1 000 000 m^3 fluid/h, deci implicit costul lor este foarte ridicat. Din motive care nu pot fi dezvoltate în lucrarea de faţă, se merge totuşi pe utilizarea pe scară din ce în ce mai largă a acestor aparate.

Ca părere personală a autorilor bazată pe considerente dedu-se din practica de exploatare, acest procedeu este total neeconomic și adoptarea lui prezintă mari riscuri, dintre care se scoate în evidență doar unul singur : în caz de defectare a aparatului sau de avarie (situații foarte frecvente în practică) întregul proces de epurare este compromis pînă la repararea sau repunerea în funcțiune a aparatului. La prima vedere, mai ales pentru acei care nu au competență să aprecieze consecințele unei asemenea situații, s-ar părea că nu este un caz care merită să i se dea o atenție deosebită. În realitate însă o asemenea situație poate creea adevărate calamități cu urmări pe care credem că nu se exagerează dacă le calificăm catastrofale în victime omenești și pierderi de materiale și economice.

Datorită acestor posibilități, se recomandă ca aceste aparate să fie utilizate numai acolo unde nu se pot utiliza altele mai puțin pretențioase, dar cu randamente apropiate și dacă acest lucru nu este posibil, epuratoarele electrice să fie dublate de alte aparate care să poată intra imediat în funcțiune în caz de defecțiune sau avarii.

Consecințele unor asemenea situații au fost deja publicate în presă la timpul respectiv și nu se mai insistă asupra acestora.

VI.7. APARATELE UMEDE

Aceste aparate sînt cel mai des întîlnite în industrie și în special în industria chimică, siderurgică, metalurgică și a materialelor de construcții. Gama acestor aparate este foarte largă și în continuare se vor enumera cele mai reprezentative din fiecare grupă, ale căror sisteme de funcționare sînt apropiate. **Astfel de aparate se împart în două categorii mari** *(v. §§ II.3.5, f)* : ● *statice* ; ● *dinamice (dezintegratoare).*

VI.7.1 APARATELE STATICE

Datorită modului lor de funcționare, aparatele din această grupă se cunosc și sub denumirea de *spălătoare de gaze*. Ele sînt diferite și în tabelul VI.7 sînt arătate unele din ele. Recomandări de exploatare se vor da la cele mai reprezentative, deoarece aceste indicații sînt valabile și pentru celelalte care fac parte din această grupă.

a. **Coloanele cu umplutură.** Aceste aparate se compun din niște coloane în care se introduc niște corpuri de forme diferite, care

Tabelul VI.7. **Principalele tipuri de aparate umede (spălătoare de gaze)**

Tipul aparatului	Avantaje	Inconveniente
Coloană de pulverizare (cu duze de pulverizare)	Simplă, suprafață mare de contact, pierderi mici de încărcătură, adaptare la numeroase cazuri	Reținere slabă de lichid de unde în unele cazuri prezența reciclării soluțiilor de tratare
Coloană cu umplutură (Raschig, Berl etc.)	Suprafață bună de contact. Reținere importantă de lichid	Pierdere de presiune medie ridicată
Coloană cu strat fluidizat	Strat de decolmatare automată (în prezența impurităților)	Aglomerare
Coloană de barbotare	Simplicitate mare	Contact slab (valabil mai ales pentru fluide ușor de tratat)
Perdea de apă	Sistem simplu eventual montat în coloane	Contact slab (valabil pentru vapori foarte solubili)
Venturi	Contact bun dintre faze	Pierderi mari de presiune. Debit nominal limitat
Ciclon umed	Sistem simplu	Domeniu special de aplicare
Ventilator umed	Idem	Idem
Ejector	Sistem înrudit cu Venturi. Poate servi ca element motor de ventilare	Idem
Reactor gaz-lichid cu agitator	Contact foarte bun	Rezervat fluidelor cu concentrație mare de impurități

Notă. Există și alte sisteme intermediare, combinate și diferite variante.

constituie umplutura. Caracteristicile materialelor de umplutură cel mai des utilizate sînt arătate în tabelul VI.8, iar formele mai des întîlnite sînt arătate în fig. VI.11. Principiul de funcționare al

Tabelul VI.8.

Caracteristicile unor materiale de umplutură folosite în aparatele de epurare umedă statice (coloane, scrubere, spălătoare etc.)

Felul şi forma umpluturii	Dimensiunile elementului umpluturii [mm]	Suprafaţa a [m²/m³]	Volumul liber V_{lib} [m³/m³]	Greutatea a 1 m³ de umplutură [kg]
Inele ceramice (dispuse neregulat)	15 × 15 × 2	330	0,70	690
	25 × 25 × 3	200	0,74	530
	35 × 35 × 4	140	0,78	505
	50 × 50 × 5	90	0,785	530
Inele de oţel (dispuse neregulat)	8 × 8 × 0,3	630	0,90	750
	10 × 10 × 0,5	500	0,88	960
	15 × 15 × 0,5	350	0,92	660
	25 × 25 × 0,8	220	0,92	640
	50 × 50 × 1,0	110	0,95	430
Cocs	25	120	0,53	600
	40	85	0,55	590
	75	42	0,58	550
Cuarţ	25	120	0,37	1 600
	40	85	0,43	1 450
	75	42	0,46	1 380
Inele ceramice (aşezate regulat)	50 × 50 × 5	110	0,735	650
	80 × 80 × 8	80	0,720	670
	100 × 100 × 10	60	0,720	670
Umplutură în formă de grătare de lemn	10 × 100 pasul (goluri) 10	100	0,55	210
	10 × 100 pasul (goluri) 20	65	0,68	145
	10 × 100 pasul (goluri) 30	48	0,77	110

Notă. Pentru inele s-au indicat: diametrul exterior x înălţimea x grosimea pereţilor.

acestor aparate se bazează pe suprafaţa de contact necesară care trebuie să reţină componentul solubil din fluidul de epurat.

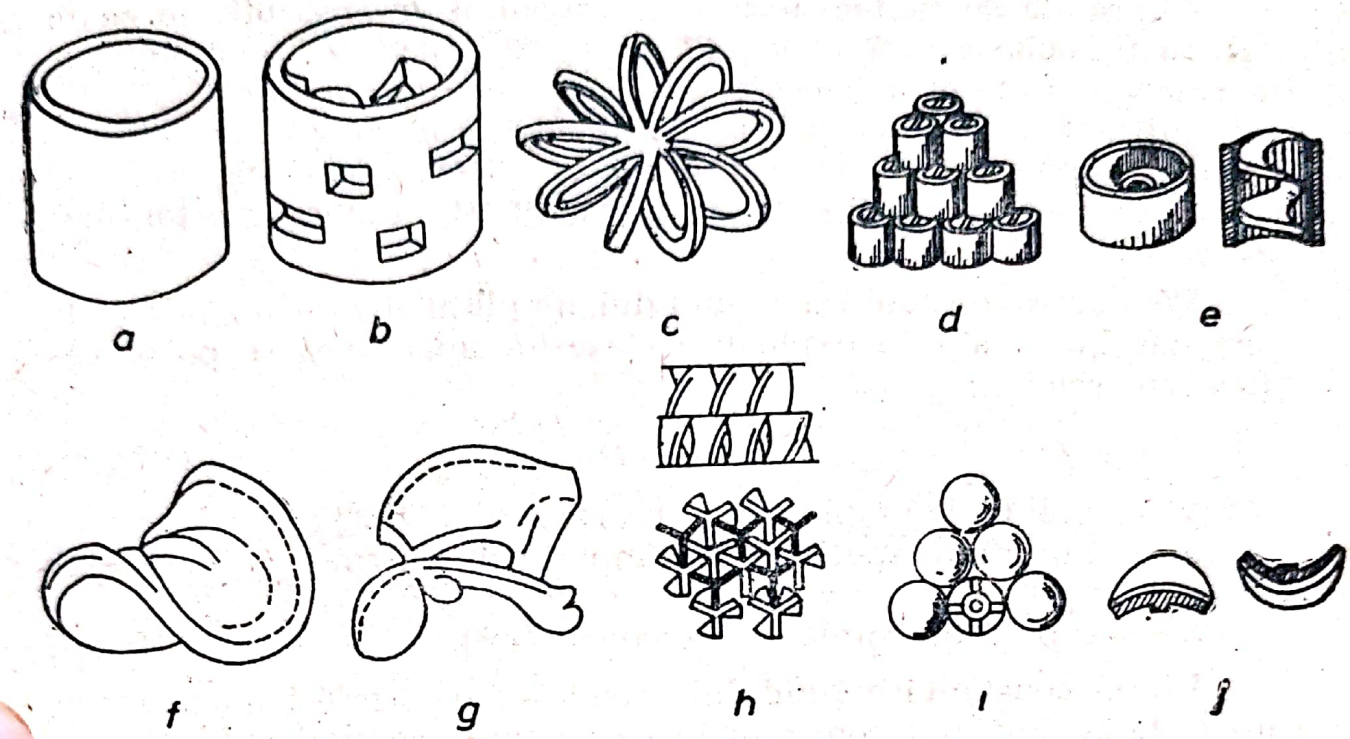


Fig. VI.11. Diferite forme de umplutură :
a — inele Raschig ; b — inele Pall ;
— inele cu stea ; d — inele cu pereţi despărţitori ; *e* — inele spirale ; *g, j* — şa ; *h* — umplutură în formă de elice ; *i* — bile.

Consumul de lichid care este unul din elementele importante la acest fel de aparate în exploatare, mai ales la data actuală, cînd apa devine în toate întreprinderile din ce în ce mai raţionalizată, **se poate verifica cu relaţia :**

$$\frac{L}{V} = \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2}; \qquad \text{(VI.22)}$$

L = debitul molar al absorbantului (lichidului), [k.mol/h] ;
V = debitul molar al componentului insolubil [k.mol/h] ;
Y = raportul molar al componentului solubil în faza gazoasă [k.mol/h] ;
X = raportul molar al componentului solubil în faza lichidă [k.mol/h] ;
1, 2 = indici care se referă la baza, respectiv vîrful coloanei.

Verificarea debitului molar al absorbantului (lichidului) se **face din relaţia** (VI.22), **adică :**

$$L = V\frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2}. \qquad \text{(VI.23)}$$

Suprafața de contact necesară procesului de absorbție se poate verifica pe două căi : ● *o metodă analitică expeditivă, dar mai puțin exactă ;* ● *o metodă grafică determinată din practică.*

Întrucît aceste determinări sînt ceva mai complicate, ele folosind în general celor care proiectează astfel de aparate, ceea ce nu este cazul în exploatare, nu se va insista asupra acestor metode[1]).

Păstrarea constantă a volumului umpluturii este un factor de asemenea important în exploatarea acestor aparate și se poate verifica cu relația :

$$V = S/a; \qquad \text{(VI.24)}$$

V = volumul umpluturii absorbantului [m³] ;
a = suprafața specifică a umpluturii [m²/m³] (v. tabelul VI.8) ;
S = suprafața totală de contact [m²].

Viteza constantă a fluidului în coloană este iarăși un fenomen care trebuie controlat continuu în exploatare, ea fiind unul din indiciile cele mai importante care arată dacă aceasta funcționează corect.

Verificarea acestei viteze se poate deduce din relația cu care se poate verifica diametrul coloanei și anume

$$d = \sqrt{\frac{4\,V_g}{\pi\,V_g}}\ [\mathrm{m}]; \qquad \text{(VI.25)}$$

w_g = viteza fluidului în coloană [m/s] ;
V_g = volumul fazei de gaz în coloană [m³/s].

Înălțimea umpluturii este de asemenea absolut necesară să fie verificată, deoarece în timpul exploatării elementele ce o compun se tasează sau se sparg, reducînd atît spațiul de trecere a fluidului, cît și suprafața de contact. Determinarea analitică a acestei înălțimi este o operație dificilă, ea fiind legată de coeficienții de transfer de substanță, ale căror date sînt foarte limitate și contradictorii. De aceea, pentru **verificarea înălțimii umpluturii** se recomandă relația dedusă de V. V. Kafarov și I. I. Dîtneski după date culese din practică și anume :

---

[1]) Pentru cei care doresc a le analiza se recomandă lucrarea de la poz. 30 din bibliografie, de la finele lucrării.

$$h_{ech} = 200\left(\frac{f_{lib}}{a}\right)^{1,2} \frac{1}{w_y^{0,4}} [m]; \qquad \text{(VI.26)}$$

h_{ech} este înălțimea umpluturii echivalentă unei trepte de variație a concentrației [m].

Diametrul echivalent al umpluturii se poate verifica cu relația:

$$d_{ech} = 4V_{lib}/a; \qquad \text{(VI.27)}$$

V_{lib} = volumul liber al umpluturii [m³/m³].
a = suprafața unității de volum de umplutură.

În funcție de caracterul mișcării fluidului de epurat prin zona de umplutură a coloanelor intervine un coeficient de frecare λ (v. relația II.29), care are influență la urmărirea unei bune exploatări ale acestor aparate.

După determinările din practica exploatării valorile lor diferă astfel:

1) *Pentru umplutura sub formă de inele și bucăți uscate (dispuse neregulat) este:*

— *la mișcarea laminară a fluidului de epurat cu* $Re_y < 40$:

$$\lambda = \frac{140}{Re_y}; \qquad \text{(VI.28)}$$

— *la mișcarea turbulentă a fluidului de epurat cu* $Re_y > 40$;

$$\lambda = \frac{16}{Re_y^{0,2}}. \qquad \text{(VI.29)}$$

2) *Pentru umplutură uscată dispusă regulat:*

$$\lambda = \frac{16}{Re_y^{0,375}}; \quad A = 3{,}12 + 16\frac{d_{ech}}{h}\left[\frac{f_{min}}{f_{max}}\right]^{1,37}; \qquad \text{(VI.30)}$$

h = înălțimea unui rînd de umplutură [m];
f_{min}, f_{max} = secțiunile libere minime (în planul de contact al rîndurilor) și maxime (chiar în rînd) ale umpluturii [m²].

— *pentru umplutura sub formă de inele așezate regulat:*

$$\frac{f_{min}}{f_{max}} = \frac{d_i}{d_e}; \qquad \text{(VI.31)}$$

d_i = diametrul interior al inelelor [m];
d_e = diametrul exterior al inelelor [m];

— *la umplutura sub formă de grătar:*

$$\frac{f_{min}}{f_{max}} = \frac{t}{t+s}; \qquad \text{(VI.32)}$$

t = distanța dintre scînduri în goluri [m];
s = grosimea scîndurii [m].

Cînd lichidul curge pe suprafața umpluturii, o acoperă cu o peliculă fină deci pe umplutură, în timpul funcționării coloanei, există permanent o anumită cantitate de lichid care duce la micșorarea volumului liber și prin urmare la mărirea rezistenței hidraulice a umpluturii stropite, în comparație cu umplutura uscată.

Diametrul echivalent al acestei pelicule este :

$$d_{ech} = 4\delta \ [m]; \quad \delta = \text{grosimea peliculei [m]}. \qquad \text{(VI.33)}$$

Pentru o verificare rapidă, în ajutorul personalului care exploatează astfel de aparate, se arată că perimetrul de umplere pe 1 m² de secțiune transversală este egal cu mărimea σ.

În acest caz **densitatea de stropire** exprimată în funcție Re se **poate verifica cu relația :**

$$Re_x = \frac{4w}{\sigma g \eta_x} \text{(v. relația II.36)}; \qquad \text{(VI.34)}$$

w = viteza gravimetrică a lichidului [kgf/m²·s]; adică cantitatea de lichid introdusă în unitatea de timp pe unitatea de susuprafață a secțiunii transversale a coloanei);

η_x = viscozitatea dinamică a lichidului [kgf/s·m²].

g = accelerația gravitației = 9,81 m/s².

Verificarea continuă a elementelor arătate pînă acum sînt în adevăr minime, dar dacă personalul care deservește aceste aparate le va aplica cu toată seriozitatea și conștiinciozitatea se poate obține o exploatare bună. În caz contrar aparatele nu vor da rezultatele scontate, va crește consumul de lichid, creșterea rezistențelor va duce la consumuri exagerate de energie la aparatele

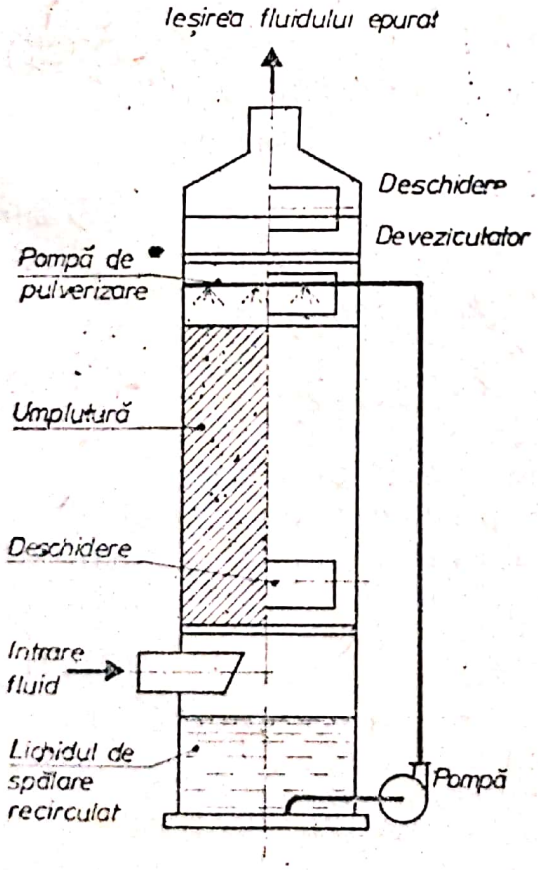


Fig. VI.12.
Schema unei coloane cu umplutură.

de antrenare (ventilatoare, exhaustoare, aspiratoare de fum), iar pericolul infectării mediului înconjurător creşte simţitor. Aceste aparate (fig. VI.12) au de obicei dimensiuni mari, din care cauză de cele mai multe ori ele sînt amplasate în afara clădirilor, deci exploatarea lor în bune condiţii este strîns legată şi de recomandările arătate în capitolele anterioare.

b. **Spălătoarele de gaze.** Aceste aparate sînt foarte asemănătoare cu cele arătate anterior fiind foarte des utilizate în industria chimică. Datorită acestui fapt, recomandările în exploatare făcute la coloanele cu umplutură rămîn valabile şi pentru acest fel de aparate. În tabelul VI.9 se dau aparatele cele mai reprezentative din această categorie şi industriile unde se întîlnesc mai des.

Exploatarea în timpul rece (iarna) a acestor aparate impune probleme serioase. Unele din ele au fost arătate la §§ II.3.5, f, dar în completarea acestora se atrage atenţia că în aceste perioade lichidul trebuie încălzit, fapt care ridică cheltuielile de exploatare. În cazul în care aceste aparate nu lucrează în circuit continuu şi în anumite perioade trebuie oprite, în perioadele de îngheţ ele nu se vor repune în funcţiune pînă ce nu s-a făcut dezgheţarea lor completă.

La oprirea din funcţiune, de asemenea se vor lua măsuri ca să nu rămînă lichid în ele care, înghetînd şi mărindu-şi volumul, poate distruge elementele de umplutură şi chiar carcasa care de obicei este construită din metal.

O atenţie deosebită se va da elementelor de umplutură care trebuie să fie corespunzătoare fluidelor de epurat. Dacă această măsură nu este luată în consideraţie, ele pot fi atacate, descompuse sau chiar dizolvate, scoţînd aparatul din funcţiune.

La acest fel de aparate care lucrează în industria chimică şi care trebuie să epureze fluide acide, aparatele de măsură trebuie să funcţioneze ireproşabil şi continuu, iar personalul care le deserveşte trebuie să fie de o exigenţă absolută.

VI.7.2. APARATELE DINAMICE

Explicaţii şi caracteristici ale acestor aparate au fost date la §§ II.3.5, f, unde s-au descris recomandările în vederea preluării lor de către beneficiari şi punerea lor în funcţiune.

Problema exploatării la astfel de aparate se pune astfel: *respectarea instrucţiunilor date de firmele constructoare în cartea tehnică a aparatelor. Totuşi, supravegherea menţinerii parametrilor fluidelor de epurat, vitezele şi consumurile de apă şi energie trebuie verificate continuu, deoarece aceste aparate avînd multe piese mecanice în mişcare, ele sînt supuse uzurii fie numai din*

Tabelul VI.9. **Cîteva exemple de spălătoare de gaze utilizate în diferite industrii**

Gaze sau vapori poluanţi	Industriile interesate	Procedee adoptate în general	Observaţii
Vapori acizi condensaţi de HCl; $HClO_4$; H_2SO_4; HF	Tratamente de suprafaţă	Spălarea gazelor cu apă simplă	Reziduul lichid este puternic diluat sau neutralizat separat
Vapori nitroşi de: NO; NO_2; N_2O_4	Atacul minereurilor, metalelor de către HNO_3, industria chimică	1) Spălare cu neutralizare 2) Spălare în mediu acid cu recuperare de NHO_3 în soluţie	Dimensiuni mari ale instalaţiilor în special cele de la punctul 2)
Gaze arse albe de: H_2SO_4; SO_3	Atacate de H_2SO_4 concentrat cald	Spălare cu neutralizare	
Vapori sulfuroşi	Industria chimică Arderea păcurii	Spălare cu reactivi	Probleme prost soluţionate
Hidrogen sulfurat. Mercaptani	Industria chimică, fibre textile, pregătirea pastei de hîrtie	Spălare cu reactivi de neutralizare Spălare cu reactivi oxidanţi şi catalizatori	Idem
Vapori organici, solvenţi în general	Industria chimică, lacuri şi vopsele, materiale plastice, industria alimentară	Combustie, absorbţie de cărbune activ Spălare	Recuperare posibilă
Solvenţi cloruraţi sau alte hidrocarburi halogenate	Degresare, curăţire	Adsorbţie	Idem
Mirosuri organice	Cuptoare, etuve de uscare, prăjire, recuperare de produse secundare din industria alimentară	Spălare cu reactivi (neutralizare, oxidare). Combustie Absorbţie	

cauze mecanice, după un număr de ore de funcţionare, fie din cauza abraziunii impurităţilor pe care le colectează din fluidele ce le epurează. Gradul de uzură şi durata acestuia este greu de stabilit deoarece concentraţia şi structura impurităţilor din fluidele de epurat variază permanent.

Lucrînd sub acțiunea lichidelor, verificarea coroziunii pieselor principale este deosebit de importantă.

La acest fel de aparate exploatarea este în strînsă legătură cu întreținerea lor, capitole care vor fi tratate în continuare, unde se va insista mai mult.

În acest capitol se menționează următoarele :

1) Ele sînt folosite pentru debite mici și mijlocii (1 000 — 10 000 m_N^3/h de fluide de epurat).

2) Înainte de a se comanda astfel de aparate se vor consulta cu mare atenție prospectele lansate de firmele producătoare și reclamele făcute asupra acestora, deoarece în multe cazuri s-au constatat exagerări referitoare la caracteristicile și performanțele arătate.

3) Trebuie analizată cu mare atenție utilizarea lor, deoarece au specifice cu totul aparte în funcționare.

Cel mai important lucru în exploatarea acestor aparate este respectarea cantității de lichid cu care funcționează și puritatea (curățenia) acestuia, deoarece în caz contrar se fac depuneri care reduc debitul aparatelor, iar la unele din ele (în funcție de construcția lor) apar dereglări care merg pînă la scoaterea lor din funcțiune.

VI.7.3. APARATELE CU FEȚE UDATE

Acest fel de aparate au o gamă mai restrînsă, întrucît însuși modul lor de utilizare impune această situație. Cel mai des întîlnite din categoria acestor aparate în exploatare sînt : *ciclonul cu peliculă de apă* și *scruberele centrifuge.*

a. **Ciclonul cu peliculă de apă.** Acest fel de aparat este de fapt un ciclon ca și cele arătate la capitolele precedente. Principiul de funcționare se bazează pe faptul că în cazul în care pe pereții unui ciclon se formează o peliculă de apă permanentă, particulele de impurități supuse forței centrifuge arătată la modul de funcționare al ciclonului obișnuit, se fixează pe aceasta și datorită înmuierii lor se elimină riscul de a trece din nou în stare de suspensie (fig. VI.13).

Modul de funcționare este următorul : *fluidul cu impurități intră tangențial prin partea de jos, căpătînd o mișcare de rotație. În întîmpinarea curentului de fluid, de deasupra, pe pereții ciclonului curge continuu apă creînd o peliculă dinamică. Impuritățile sînt prinse de această peliculă de apă care le duce într-un buncăr de unde fie că sînt evacuate sub formă de nămol, fie că acest nămol este introdus într-un hidrociclon, care îl separă de apă, dîndu-se astfel posibilitatea reciclării apei.*

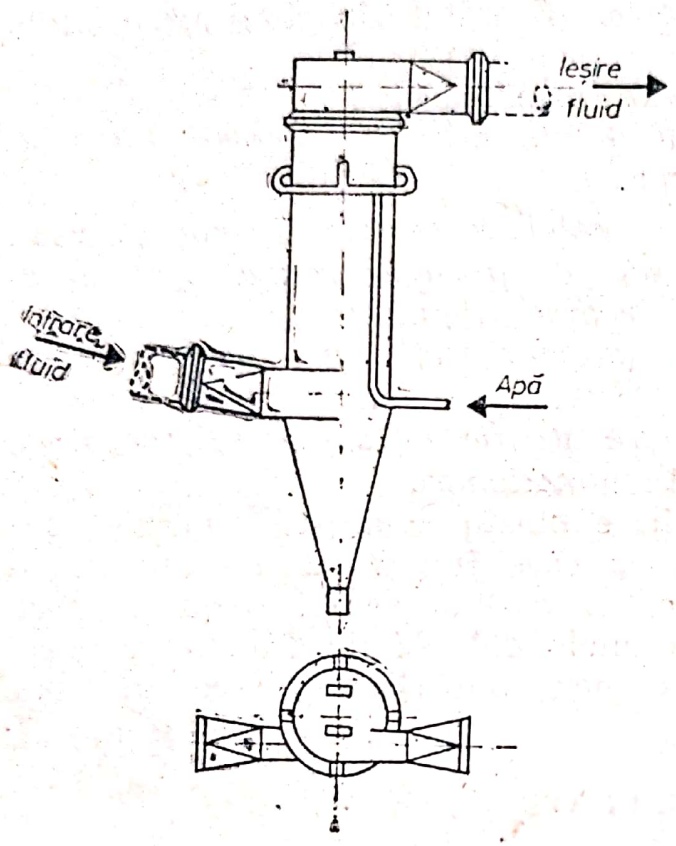


Fig. VI.13. Schema unui ciclon cu peliculă de apă.

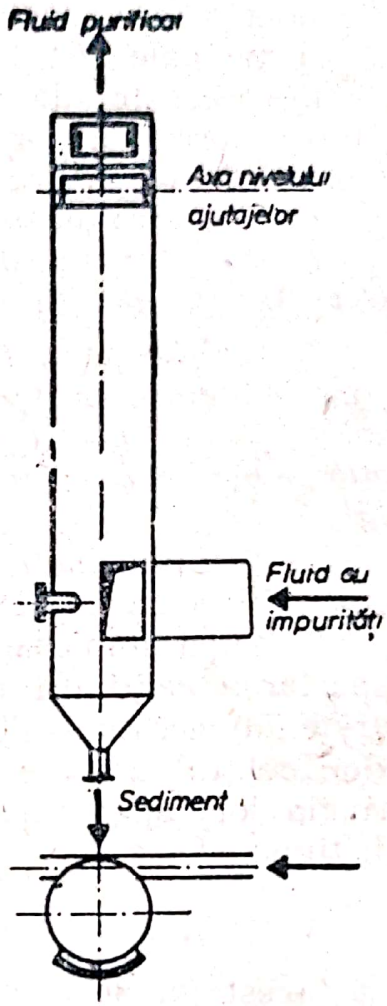


Fig. VI.14. Schema unui scruber centrifug.

În exploatarea acestor aparate trebuie avute în vedere următoarele: ● *nu se vor introduce spre epurare fluide care în contact cu apa produc coroziuni accentuate;* ● *pelicula de apă trebuie păstrată constantă, altfel apare riscul fie a unui consum exagerat de apă, fie (în cazul reducerii grosimii peliculei de apă) al reducerii randamentului de captare al aparatului;* ● *îndepărtarea eventualelor depuneri de impurități pe pereții ciclonului, evitîndu-se astfel turbulențe care ar dăuna rotației normale a fluidului în ciclon;* ● *măsuri contra înghețului în sezonul rece;* ● *verificarea diametrelor duzelor care formează pelicula de apă deoarece în timpul funcționării aparatului se pot înfunda sau din cauza abraziunii apei se pot decalibra mărind consumul de apă mult peste cel normal.*

Astfel de aparate au un randament destul de bun și un grad de epurare apreciabil (80—90% și chiar mai mult) cînd impuritățile au diametre mai mari (peste 10 μ). Ele se întîlnesc în în-

treprinderile unde folosirea apei nu este o problemă și sînt recomandate în instalațiile care trebuie să epureze fluide cu cantități mari de impurități solide.

Pentru gaze nocive, în special din industria chimică, se vor folosi cu mare atenție deoarece se ridică mari probleme cu purificarea apei de eventualele nocivități.

b. **Scruberele centrifuge.** Pentru epurarea fluidelor care din cauza conținutului lor ridicat de bioxid de sulf pot provoca coroziunea celorlalte aparate, s-au conceput acest fel de agregate care de asemenea se prezintă într-o gamă largă în ceea ce privește forma și modul de funcționare (fig. VI.14). Deosebirea dintre acest aparat și cicloanele propriu-zise constă în faptul că sînt căptușite în interior cu plăci din ceramică și au în general dimensiuni mai mari. În fig. VI.15 sînt arătate alte scrubere de construcții mai speciale și anume în fig. VI.15, *a* este reprezentat un scruber care funcționează pe principiul unui ciclon vertical în care fluidul de epurat intră pe la partea inferioară tangențial. În traiectoria lui ascendentă fluidul este supus unui jet de apă pulverizată. Fluidul epurat iese pe la partea superioară, iar apa cu impurități se adună către bază. La scruberele din aceeași figură de la pozițiile *b* și *c* separarea impurităților se face prin centrifugarea particulelor celor mai grele, care sînt proiectate pe suprafețele înmuiate. Apa este distribuită fie prin pulverizare (poz. *b*), fie prin presiune (poz. *c*.)

În exploatare scruberele au dat rezultate foarte bune ajungînd la un grad de captare a impurităților de 85—95% pentru particule solide cu diametrul cuprins între 5 și 10 μ, iar pentru cele cu diametre mai mari de 10 μ gradul de captare a atins valori de 95—98%.

Deși rezultatele care se obțin sînt promițătoare, exploatarea lor pune totuși unele probleme și anume :

1) *Consumul de apă destul de ridicat (1,30—1,60 l/m³ fluid tratat) impune o rezervă în utilizarea lor sau o recirculare, mai ales cînd sînt utilizate la epurarea de volume mari de fluide (la un debit de lucru de 20 000 m³/h fluid, consumul minim de apă este de 20 000 × 1,3 × 26 000 l apă, adică 26 m³ apă/h, respectiv 625 m³ apă/24 h de funcționare).*

2) *Pierderile de presiune în astfel de aparate sînt de asemenea destul de ridicate, variind între 60 și 150 mm H_2O.*

3) *Presiunea apei de stropire trebuie să fie mai mare de 30 mm H_2O necesitînd pompe destul de robuste.*

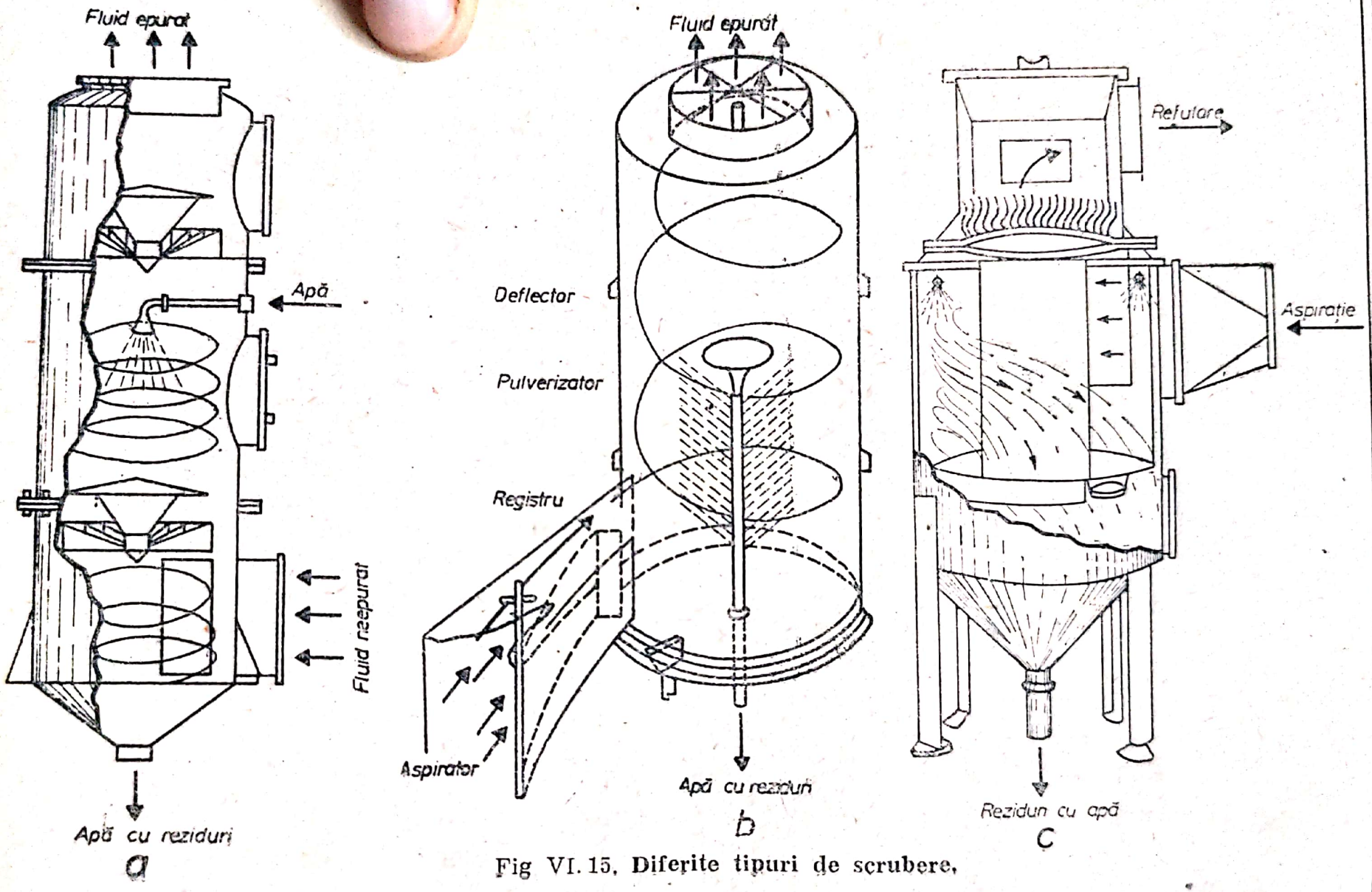


Fig VI. 15. Diferite tipuri de scrubere.

4) *Pe măsură ce crește debitul fluidului de epurat randamentul scade, eficacitatea cea mai mare avînd-o pentru debite cuprinse între 2 000 și 10 000 m³ fluid de epurat / 1 h. Datorită acestui fapt este necesară montarea mai multor aparate în paralel, ceea ce scumpește investiția, îngreuiază exploatarea.*

5) *Necesită măsuri speciale în timpul rece și complicații la evacuarea apelor cu impurități.*

Totuși, datorită faptului că în anumite situații este absolut necesară utilizarea acestui fel de aparate (mai ales în industria chimică), ele au fost menționate în prezenta lucrare.

VI.7.4. APARATELE CU SPUMĂ.

Deși întîlnite mai rar, acest fel de aparate sînt totuși utilizate în industrie, mai ales acolo unde particulele care trebuie epurate sînt mici, iar captarea lor cu aparate de epurare obișnuite este periculoasă (pericol de incendiu, fum, ceață etc.).

Deosebirea acestor aparate față de celelalte care utilizează tot lichide în procesul de epurare este că lichidul care intră în reacție cu fluidul de epurat este adus în stare de spumă mobilă, ceea ce asigură o suprafață mare de contact între lichid și fluidul

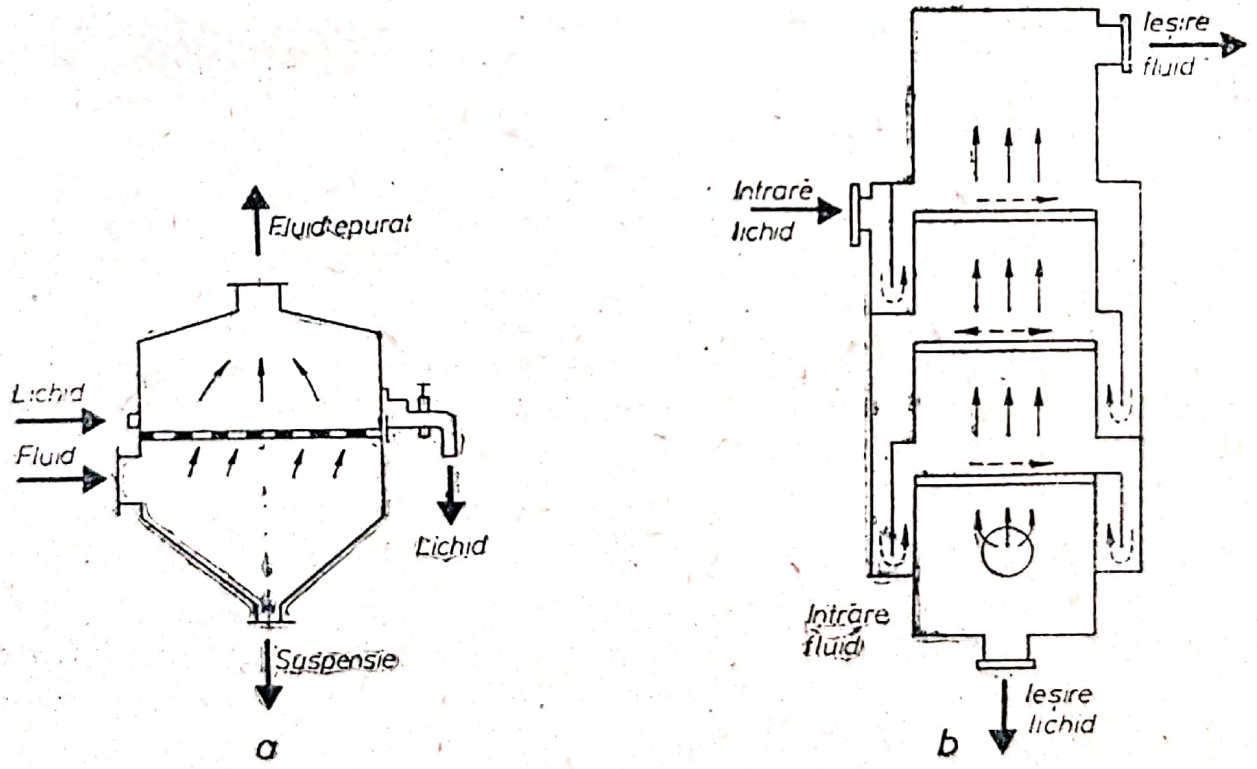


Fig. VI.16. Schema unor aparate:
a — cu un singur strat; *b* — cu trei straturi.

de epurat (gaze, fum, aer, ceață etc.), permițînd un grad mare de epurare (pînă la 99%).

În funcție de necesități, acest fel de aparate se construiesc cu un singur strat de spumă sau cu mai multe (fig. VI.16). Ele sînt folosite drept spălătoare de gaze și se compun în principal dintr-o cameră goală cu secțiune circulară în interiorul căreia se află unul sau mai multe grătare orizontale. Apa sau lichidul care se va transforma în spumă intră în aparat printr-un ștuț deasupra grătarului, iar fluidul supus epurării se introduce pe sub grătar. Trecînd prin orificiile grătarului, fluidul de epurat produce spumarea lichidului, astfel încît pe grătar apare și se mișcă un strat de spumă care captează particulele în suspensie din fluid. Particulele cele mai mici ale fazei trec împreună cu fluidul prin orificiile grătarului, se lovesc de filmul de lichid care curge pe grătar, se separă și împreună cu lichidul se îndepărtează prin preaplin. Caracteristicile acestui fel de aparate au fost arătate anterior în §§.II.3.5,f.

În afară de cele arătate la acest capitol, în exploatarea acestor aparate se va avea în vedere :

1) *Suprafața secțiunii libere a grătarului, din cauza depunerilor de diferite săruri din apă și diferite impurități își reduce diametrul (suprafața) golurilor și circulația apei nu se mai face în bune condiții. Această suprafață mai poate fi influențată și de diferiți agenți corosivi din apă (sau din fluidele de epurat care în contact cu apa dau naștere la reacții chimice ce le măresc gradul de corosivitate).*

2) *Cantitatea de impurități captată de aparat (v. relația II.44) este de asemenea un indiciu important în urmărirea exploatării deoarece dacă la măsurătorile făcute la ieșirea din aparat a fluidului se constată un grad de concentrație a impurităților mai mare decît cel pe care trebuie să-l rețină aparatul, funcționarea acestuia nu este normală.*

3) *Repartiția spumei pe toată durata funcționării aparatului trebuie să fie uniformă pe toată suprafața grătarului.*

4) *La un grătar cu o lungime de 1—2 m (cum sînt de obicei în astfel de aparate) intensitatea curentului de apă la intrare trebuie să fie* $\approx$ *6* $m^3/m \cdot h$, *iar prin grătar să curgă maximum 50% din apa introdusă în aparat.*

5) *Grosimea stratului de spumă trebuie să fie cuprinsă între 60 și 100 mm.*

6) *Apa care trece prin orificiile grătarului trebuie să antreneze de la 60 la 80% din întreaga cantitate de impurități aflate în fluidul care trebuie epurat (v. relația II.42).*

7) *Între înălțimea stratului de spumă și a stratului de lichid pe grătar există relația:*

$$H = V_0 h_0 \text{ [mm]}; \qquad \text{(VI.35)}$$

H = *înălțimea stratului de spumă* [*mm*];

h_0 = *înălțimea stratului inițial de lichid pe grătar* [*mm*];

V_0 = *volumul specific relativ al spumei, care conform datelor obținute practic în exploatare și în funcție de viteza w de curgere a apei în aparat se consideră:*

w	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
V_0	3,5	4,5	4,0	6,2	7,1

Înălțimea stratului inițial pe grătar se verifică astfel:

$$h_o = \varphi \sqrt[3]{i^2} + \psi h_p; \qquad \text{(VI.36)}$$

i = *intensitatea curentului pe grătar* [$m^3/m \cdot h$];

φ = *coeficientul care este în funcție de ștuțul de curgere a apei (după date practice din exploatarea acestui fel de aparate, acest coeficient se poate adopta cu suficientă precizie* $\varphi = 3$);

ψ = *presiunea apei la prag (pentru condiții apropiate de condițiile de funcționare a spălătoarelor de gaze, valoarea acestuia se adoptă* $\psi = 0{,}4$).

8) *Întrucît cantitatea de apă care se scurge prin preaplin este egală cu cea care se scurge prin grătar (v. relația II.43), înălțimea pragului preaplinului are de asemenea o deosebită importanță în exploatarea acestui fel de aparate. Această înălțime se poate verifica cu relația:*

$$h_p = 2{,}5 h_o - 7{,}5 \sqrt[3]{i^2} \text{ [mm]}. \qquad \text{(VI.37)}$$

9) *Rezistența hidraulică a grătarelor uscate și a stratului de spumă să nu depășească parametrii dați de relațiile (II.45) și (II.46).*

VI.8. APARATELE CU TUB VENTURI

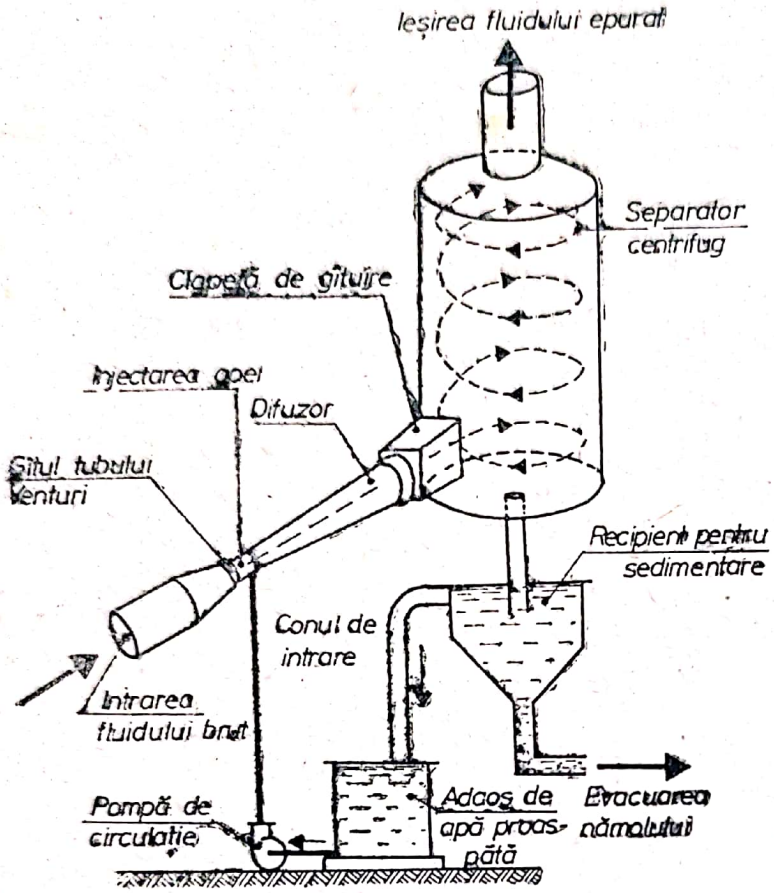


Fig. VI.17. Schema unei instalații de epurare cu tub Venturi.

Acest sistem de epurare (fig. VI.17) se bazează pe principiul pulverizării foarte fine (atomizare) a unor lichide (în mod obișnuit apa), într-un curent de fluid (gaze, aer) cu o viteză mare. Prin acest sistem se poate obține epurarea fluidelor de impurități dispersate submicronic în acestea.

Avantajele acestui sistem sînt: ● *volumul mic al instalației;* ● *acționare simplă; securitate chiar în procese periculoase;* ● *consum de lichid relativ redus pentru producerea aerosolului secundar;* ● *cheltuieli mici de exploatare;* ● *consum redus de energie pentru învingerea rezistențelor de curgere;* ● *capacitate mare de prelucrare;* ● *poate fi cuplat cu diverse aparate de epurare (cicloane, electrofiltre etc.);* ● *cheltuieli de investiții reduse (mult mai reduse decît pentru multicicloane sau electrofiltre);* ● *pot fi construite aparate cu secțiune minimă reglabilă care pot fi utilizate la instalații cu mari variații în debitele de fluid de epurat* (cazul convertizoarelor cu insuflare de oxigen utilizate la elaborarea oțelului, la care debitul de gaze variază într-un ciclu de elaborare de la 10 pînă la 100%, sau furnalele pentru elaborarea fontei care pot livra gaze la presiuni de la 0,4 pînă la 2,5 at). Poziția conului (fig. VI.18) este comandată automat în funcție de debitul de fluid sau de presiunea acestuia. Acționarea conului se

face hidraulic, iar **pierderea de presiune în** acest fel de tub este :

$$\Delta l = \rho \frac{\gamma_f v_f^2}{2g}; \qquad \text{(VI.38)}$$

ρ = 1,6 pentru un debit specific de apă pulverizată de 2 l/m^3 ;

γ_f = greutatea specifică a fluidului de epurat ;

v_f = viteza fluidului de epurat.

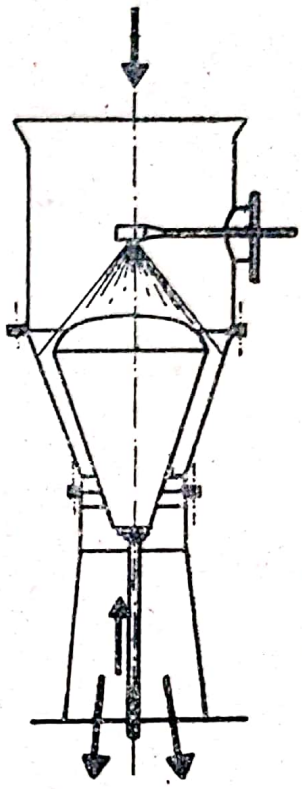


Fig. VI.18. **Tub Venturi cu secțiune reglabilă.**

Acest sistem de epurare este utilizat în special pentru neutralizarea, separarea și epurarea următoarelor substanțe : ● *ceața de la diferiți acizi;* ● *gazele și fumurile de la furnale înalte și de la cuptoarele metalurgice;* ● *gazul de apă (gazul gudron):* ● *prafurile sau vaporii compușilor chimici nocivi;* ● *prafurile rezultate de la turnătorii ;* ● *prafurile produselor organice, coloranților și produselor farmaceutice ;* ● *praf de cărbune și silice ;* ● *prafuri abrazive de emailuri din industria proțelanului ;* ● *prafuri de cauciuc și rășini ;* ● *praf de zahăr și săpun ;* ● *prafurile și vaporii produselor explozibile ;* ● *recuperarea cenușilor cu săruri de sodiu din gazele de la coșurile fabricilor de celuloză în care mărimea particulelor variază între 0,1 și 1,5 μ ;* ● *recuperarea oxizilor de fier la furnalele de oțel cu vatră deschisă la care se injectează un curent de oxigen în metalul topit (datorită acestui fapt ia naștere un fum roșu, dens, de oxid de fier cu dimensiunea particulelor de 0,25—0,33 μ) ;* ● *dezodorizarea fumului de la coacerea izolațiilor de email pe bază de săruri de cupru (acest fum conține acroleină, aldehide și săruri fenolice care dacă sînt evacuate în atmosferă cad pe Pămînt răspîndind mirosuri dezagreabile și provoacă iritația ochilor. Ca lichid de pulverizare în acest caz se utilizează soluție slabă de sodă caustică).*

În afară de cele arătate anterior asupra acestor aparate (v. §§ II.3.5,g), în timpul exploatării apar următoarele fenomene de care trebuie să ținem seama:

1) *Mișcarea relativă a particulelor în fluidul de epurat este influențată de viscozitatea fluidului, mai ales cînd această visco-*

zitate este mare (în acest caz scade coeficientul de captare, care este o funcție crescîndă a vitezei la depărtarea v_0).

2) *Cînd dimensiunile particulelor cresc, forțele de inerție (proporționale cu volumele) cresc mai repede decît forțele care se opun deplasării relative a particulelor în fluid; care la rîndul lor sînt proporționale cu o putere a dimensiunii d caracteristică particulei, ridicată la o putere cuprinsă între 1 și 2).*

3) *Difuzia este un fenomen fizic care provoacă creșterea particulelor inferioare lui* 20 μ . Pentru particulele submicronice ($d \leqslant 0{,}5\mu$) difuzia, datorită mișcării browniene, are un rol preponderent (rezultatele obținute în exploatare arată că o particulă cu densitatea 1 cade cu viteza de 70 μ /s și că mișcarea ei browniană are o amplitudine de 5,9 μ . O particulă de 10 ori mai mică, în același timp însă nu cade decît cu viteza de 1,7 μ /s, dar mișcarea ei browniană atinge o amplitudine de 29,4 μ).

4) *Dacă scade mult și foarte rapid presiunea într-o atmosferă umedă saturată poate să se producă o condensație asupra microparticulelor din fluidul de epurat și se pot forma micropicături de mărimea 6—10^{-4} μ.* Fenomenul care provoacă această creștere a micropicăturilor se numește **supersaturație** și este dată cu relația:

$$ln \frac{p}{p_s} = \frac{2\alpha}{RT\rho r}; \qquad \text{(VI.39)}$$

p_s = presiunea saturată la temperatura T [at];
R = constanta gazelor pentru abur;
p = presiunea vaporilor [at];
ρ = densitatea lichidului [g/cm^3];
r = raza de curbură a micropicăturilor formate [cm];
α = tensiunea superficială la temperatura T.

5) *Legarea fineței microceței de caracteristicile de funcționare a pulverizatoarelor utilizate la acest fel de aparate este dată de următoarea relație nedimensională:*

$$d = \frac{585\sqrt{\sigma}}{v\sqrt{\rho}} + 597\left(\frac{\nu}{\sqrt{\sigma\rho}}\right)^{0,45} \times \left(1\,000\,\frac{Q_l}{Q_f}\right)^{1,5}; \qquad \text{(VI.40)}$$

v = viteza relativă între curentul fluidului și scurgerea lichidului [m/s];
$\frac{Q_l}{Q_f}$ = raportul dintre debitul lichidului și debitul fluidului de epurat;
ρ = densitatea lichidului [g/cm^3];
ν = viscozitatea dinamică a lichidului [poise];
σ = tensiunea superficială a lichidului [dyn/cm].

Rezultatele cele mai bune în exploatare se obțin dacă lichidul de injecție are o densitate cuprinsă între 0,7 și 1,2 g/cm^3, o tensiune superficială a lichidului cuprinsă între 19 și 73 dyn/cm și o viscozitate dinamică a lichidului cuprinsă între 0,003 și 0,5 poise, iar viteza fluidului inferioară vitezei sunetului.

Cu această relație se poate verifica finețea pulverizației dată de un pulverizator Venturi de tipul cu injecție radială a lichidului în gîtul aparatului.

Rezultatele cele mai bune se obțin în intervalul următor:

$$0{,}2 < 1\ 000 \frac{Q_l}{Q_f} < 0{,}5. \qquad \text{(VI.41)}$$

În domeniul supersonic la un tub clasic cu injecție coaxială și un raport $1\ 000 \frac{Q_l}{Q_f}$ superior unității, relația (VI. 40) poate fi aplicată cu condiția de a se împărți rezultatul obținut cu un coeficient k cuprins între 2 și 5.

În ceea ce privește ansamblul distribuției speciale a microceței ejectate de pulverizatorii pneumatici, se poate folosi relația:

$$\frac{dn}{dx} = axpe^{-bxq}; \qquad \text{(VI.42)}$$

x = diametrul fiecărei picături, în μ ;
n = numărul de picături cu diametrul cuprins între 0 și x din probele ridicate;
a, b, p, q = constante și anume: dacă constanta p are aproape întotdeauna o valoare apropiată de 2, constanta q depinde de tipul pulverizatorului utilizat și variază în limite foarte largi (după detaliile constructive ale duzei), trebuind calculată pentru fiecare tip de pulverizator utilizat (pentru o duză dată, valoarea lui q este legată de gradul de uniformitate a microceței). Ea poate fi admisă în limitele relației:

$$(130 > v > 300\ m/s;\ \frac{Q_f}{Q_l} > 5\ 000). \qquad \text{(VI.43)}$$

Pentru definirea dispersărilor lichide se poate folosi relația lui Rosin și E. Ramler și anume:

$$n = 100\ e^{\left(-\frac{d}{c}\right)^b}; \qquad \text{(VI.44)}$$

n = procentajul numărului total de particule avînd diametrul inferior lui d;
c, b = constante.
Această relație poate fi scrisă și sub forma:

$$\log \cdot \log \frac{1\ 00}{n} = b \log d - \log c + \log \cdot \log c. \qquad \text{(VI.45)}$$

Luînd pe n, în ordonată pe o scară a log · log și pe d în abscisă pe o scară logaritmică, ei au întocmit diagrama din fig. VI.19 care permite determinarea unor microcețe produse de pulverizatorul unui aparat Venturi.

Randamentul epurării unei instalații cu tub Venturi poate fi verificată cu relația:

$$\eta = \frac{N}{N_o} 100; \qquad \text{(VI.46)}$$

η se calculează din concentrația aerosolului primar în fluid înainte și după trecerea prin tubul de spălare Venturi;
N = numărul de particule epurate în unitatea de timp;
N_0 = numărul de particule în fluidul supus epurării.

Randamentul în funcție de concentrație este:

$$\eta = \frac{c_o - C}{c_o}; \qquad \text{(VI.47)}$$

c_0 = concentrația inițială a aerosolului primar [particule/m^3];
C = coeficientul de recalculare.

Pentru a se obține un randament maxim al unui aparat Venturi, acesta nu trebuie să emită aerosol secundar numai în cantitatea, ci în mod cu totul special, la calitatea dorită.

Factorii hotărîtori pentru mărirea acestui randament sînt: ● *natura aerosolului primar și diametrul lui;* ● *raportul fluid/lichid (aerosolul secundar);* ● *viteza fluidului în ajutajul tubului;* ● *mărimea instalației.*

Caracteristicile aerosolului secundar au o mare importanță. Pentru determinarea diametrului mediu al acestui aerosol se poate folosi formula (VI.40) obținută în practică de către Nukigama și Tanasawa.

Întrucît aerosolii industriali au de obicei dimensiuni cuprinse între 0,1 și 5 μ, este necesar ca aparatul să producă microceață cu picături identice.

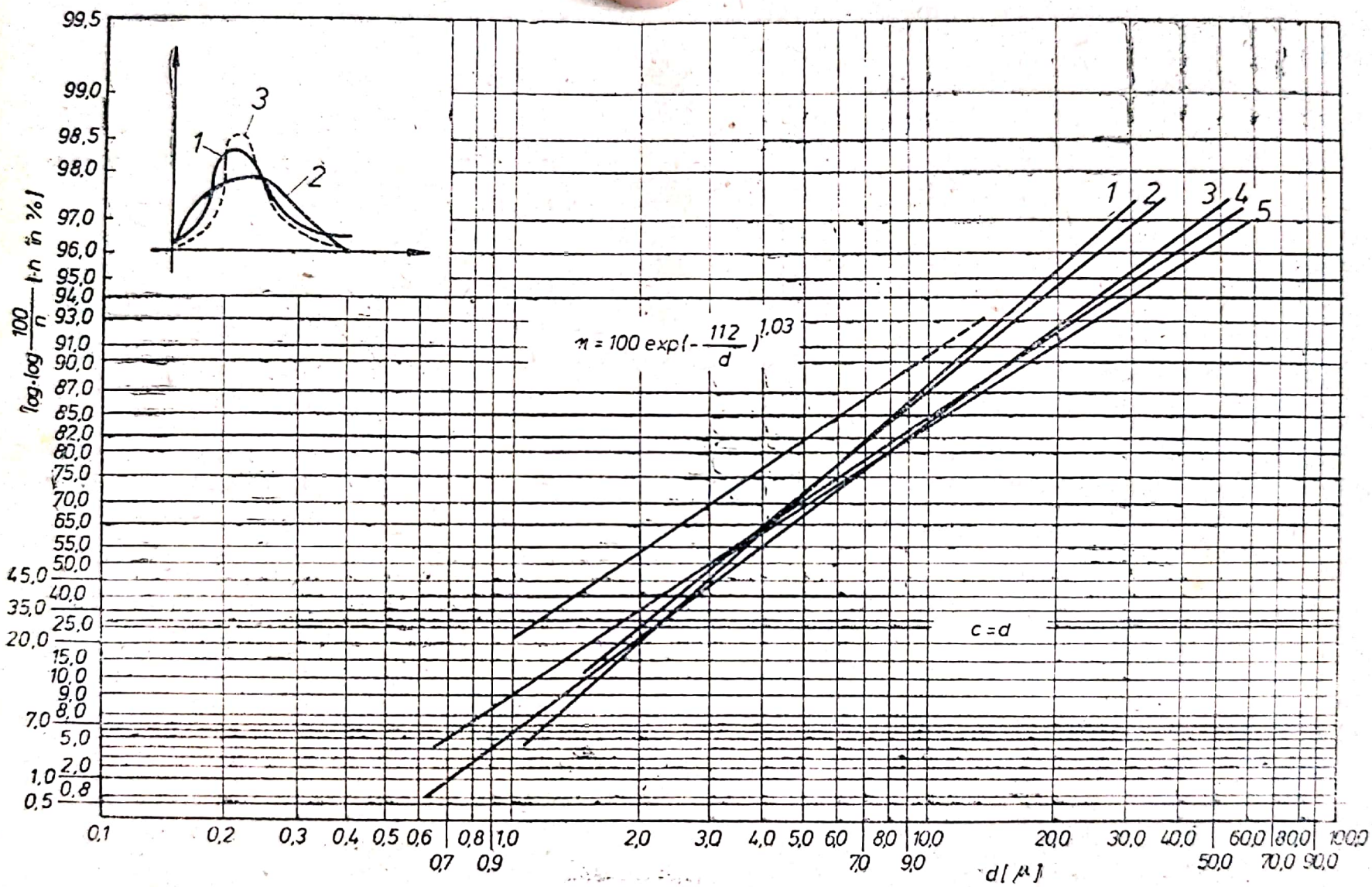


Fig. VI.19. **Diagrama dreptelor lui Rossin-Rammler produse de pulverizatorul unui aparat cu tub Venturi.**

Tabelul VI.10.

Rezultate obținute cu aparate cu tub Venturi în diferite situații

Felul aparatului	Cantitatea de fluid epurat [m³/h]	Concentrația impurităților din fluid la intrarea în aparat	Concentrația impurităților din fluid la ieșirea din aparat	Consumul de apă	Pierderea de presiune mm H_2O	Gradul de epurare obținut [%]	Locul utilizării și caracteristicile impurităților
1	2	3	4	5	6	7	8
Aparat cu tub Venturi de impact cu ciclon final umed, înzestrat la ieșire ca un cartuș filtrant spălat continuu și un grup motoventilator	700 la 20°C	200 mg/m³	0,4 mg/m³	100 l/h	170	99,8	Fabrică de porțelan (particule fine de cuarț)
Aparat cu tub Venturi de impact cufundat într-un barbotor	600—700	15 g/m³	0,03 g/m³	2,128 g/m³ fluid tratat	340	—	Uzină de gaz (concentrații de particule de gudron)
Aparat cu tub Venturi demiimpact și două cicloane legate în paralel spălate la interior	5 200 la 350°C	129 g/m³	Urme	19,2 g/m³ de fluid tratat	210	Total	Instalație de electroliză a aluminiului (particule de gudron, funingine, oxizi și produse cu fier)
Aparat cu tub Venturi de impact cu ciclon spălat la interior	4 000	80 mg/m³	0,6 mg/m³	—	200	99,2	Instalație de topire a prafurilor organice (fumuri de condensație cu compuși aromatici de salpetru)

Scanned with OKEN Scanner

1	2	3	4	5	6	7	8
Aparat cu tub Venturi de impact cu două cicloane finisoare umede legate în paralel	7 000	20 g/m³	0,09 g/m³	28,5 g/m³	270	99,5	Fabrică de zahăr (praf de zahăr)
Aparat cu tub Venturi de difuzie, turn de difuzie cu spălare şi recirculaţie	2 000 la 20°C	188 mg/m³ NO_2H	5 mg/m³	100 l/h	300	95,0	Uzină electronică (fum şi aerosoli acizi)
Aparat cu tub Venturi de impact şi un ciclon finisor cu pereţi umezi	6 000	4 g/m³	Urme	17 g/m³	200	Total	Uzină din industria materialelor izolante (praf micronic de tipul azbest)
Aparat cu tub Venturi de impact şi ciclon rezervor de sedimentare la bază	4 000	1 g/m³	Urme	20 g/m³	300	Total	Uzină din industria de sinteză organică (recuperare de aerosoli de anhidridă ftalică)

Scanned with OKEN Scanner

Pentru orientarea celor ce se vor exploata acest fel de aparate se dă în tabelul VI.10 unele rezultate obținute în exploatare în diferite situații.

VI.9. APARATELE SONICE

Epurarea cu aparate sonice este o metodă mai nouă, de acea, deocamdată, se întîlnește mai rar în exploatare, deoarece sînt anumite situații unde acest sistem se impune. Datorită rezultatelor și a unor avantaje constatate, acest sistem de epurare se va impune destul de repede, deci cunoașterea chiar sumară, a comportării acestor aparate în exploatare (cel puțin pentru cele existente la ora actuală), se consideră totuși necesară. Cea mai mare parte din condițiile care trebuie să le îndeplinească acest fel de aparate au fost arătate mai înainte la §§ II.3.5,g. Schema unei instalații cu dispozitiv de aglomerare sonică este arătată în fig. VI.20.

Înainte de recomandările privind exploatarea acestor aparate, se vor arăta în continuare cîteva din avantajele lor în exploatare, avantaje care le impun din ce în ce mai mult, mai ales că ele pot rezolva unele probleme ale epurării unor fluide care cu ajutorul aparatelor clasice nu pot fi rezolvate și, așa cum prezintă posibilitățile tehnice ale acestora la data actuală, nici nu le vor putea rezolva, datorită atît concepției lor, cît și a materialelor din care se confecționează.

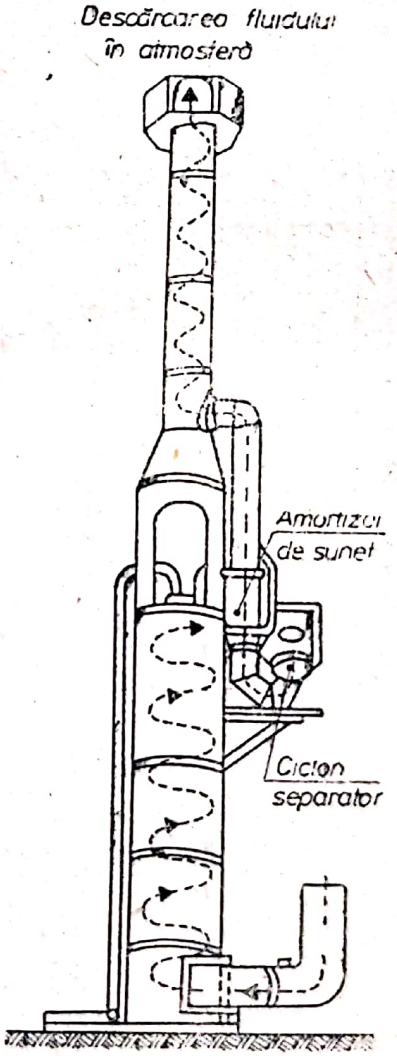


Fig. VI.20. Turn de aglomerare sonică.

Avantajele aparatelor sonice în exploatare:

1) *Aparatele sonice permit o epurare a fluidelor cu temperaturi ridicate și lasă să se întrevadă o soluție satisfăcătoare directă și sigură în problema eliminării fumurilor micronice și submicronice din cuptoare și focare în special din cuptoarele de ciment, electrometalurgice,*

uscătoare etc. Deoarece instalațiile sînt puțin voluminoase, ele pot fi instalate imediat la ieșirea din astfel de cuptoare.

2) *Randamentul epurării rămîne constant dacă s-a ales frecvența potrivită fluidului respectiv, rămînînd ca în exploatare să se mențină doar această frecvență.* Apariția pe piața comercială a aparatelor sonice cu o gamă largă de frecvențe prezintă deja un mare progres în acest domeniu.

3) *Aparatele sonice prezintă o securitate absolută, neexistînd pericolul de aprindere chiar cînd se tratează fluide inflamabile, avantaj foarte mare față de epuratoarele electrice.*

4) *Randament relativ independent,* deoarece față de proprietățile electrice ale particulelor, spre deosebire de epurarea electrică, separarea acustică nu este prea sensibilă la variațiile conductoare ale acestora (evident este vorba de conductibilitatea electrică).

5) *Cheltuielile de investiții pentru un epurator acustic vor fi întotdeauna inferioare unui epurator electric de capacitate echivalentă* (aparat cu cel mai mare grad de epurare, utilizat mult în instalațiile industriale; la debite sub 15 000 m^3/h epuratoarele electrice revin la un preț mai ridicat decît dublu).

6) *Consumul de energie electrică este redus* (la ultimele aparate construite de firme americane consumul a ajuns între 0,9 și 2,7 kW/ 1 000 m^3 fluid tratat).

7) *În cazul în care se urmărește eliminarea unui aerosol și dizolvarea unui gaz, aparatele acestea permit să se obțină rezultate duble* (cazul instalațiilor arătate în fig. VI.21). Epuratoarele electrice nu pot intra în concurență cu aparatele sonice, cînd este vorba de eliminarea unui gaz sau aubr deasupra unei faze solide sau lichide. De asemenea, la aceeași eficacitate, un epurator acustic consumă mai puțină soluție de spălare datorită accelerării considerabile a fenomenului de absorbție.

8) *Turnurile de tratament sonor permit acoperirea cu materiale cu proprietăți absorbante speciale* (tabelul VI.11) *permițînd să se obțină un nivel acustic inferior lui 80 db în apropierea imediată a epuratorului.*

În vederea unei bune exploatări a acestui fel de aparate, pe lîngă condițiile arătate la §§.II.3.5,g, se mai recomandă următoarele: ● *respectarea cu strictețe a instrucțiunilor de funcționare date de firma furnizoare, deoarece aceste aparate diferă de la unul la altul;* ● *reglarea în permanență a frecvenței în funcție de caracteristicile fluidului de epurat;* ● *păstrarea constantă a intensității sonore pentru a nu se depăși limita superioară admisă (maxi-*

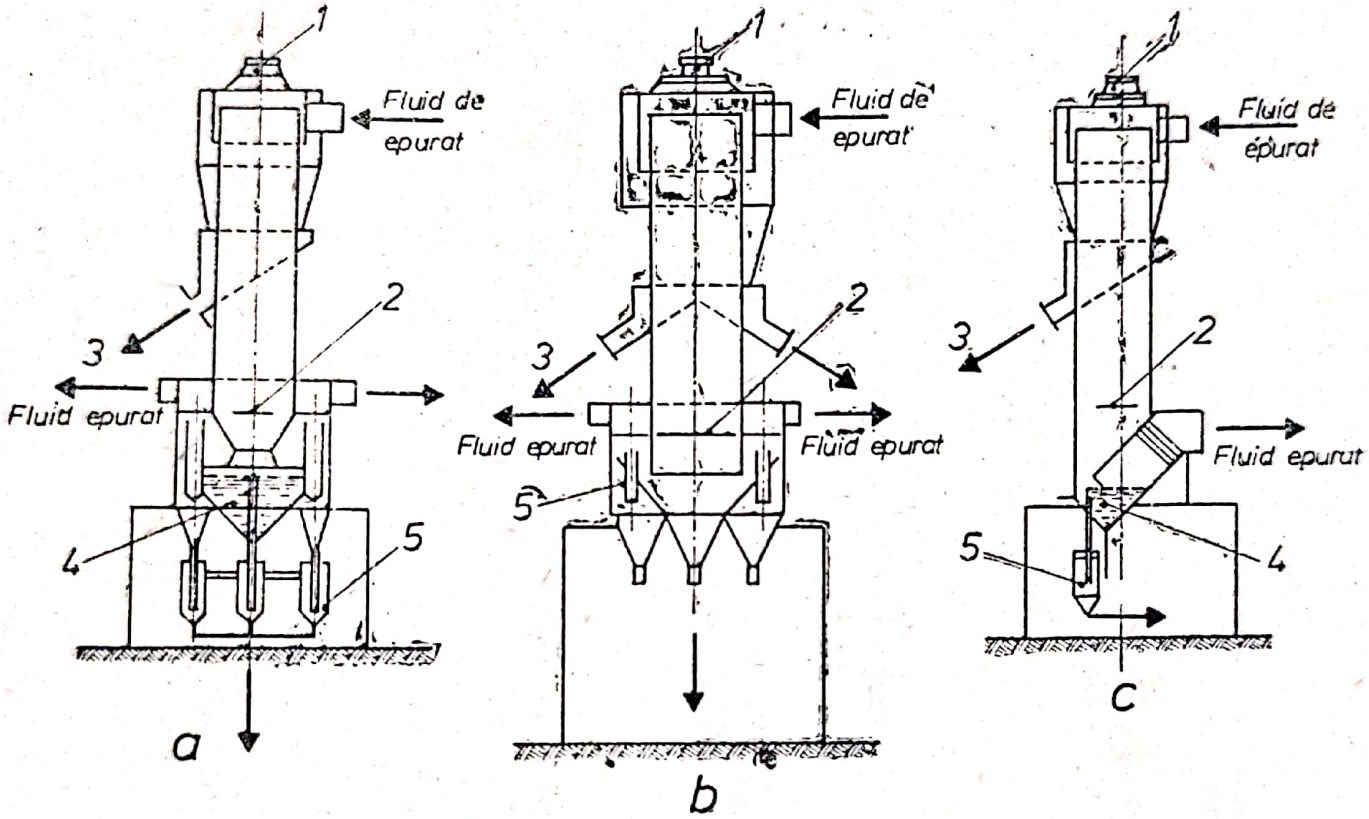


Fig. VI.21. Diferite sisteme de recuperare acustică:

a, c — recuperare umedă ; *b* — recuperare uscată ; *1* — multisirenă ; *2* — platou de rezonanță ; *3* — recuperare uscată ; *4* — apă ; *5* — cicloane.

Tabelul VI.11. **Proprietăţile absorbante ale unor materiale utilizate la izolarea instalaţiilor de epurare acustică**

Materialul	Grosimea [mm]	Puterea absorbantă [dB]
Plexiglas	4	12
Contraplacaj	3	43
Aluminiu	3	44
Tablă cositorită	2	38
Cauciuc :		
— tocat	5	41
— latex	1	9

mum 150 db); ● menţinerea constantă a timpului de staţionare reglat pentru cel mai bun indice de aglomerare (≈ 4 s); ● verificarea continuă a consumului de energie şi păstrarea lui în limitele fixate (maximum 2,7—3 kW/1 000 m³/h).

VI.10. DISPOZITIVELE DE DESCĂRCARE A IMPURITĂŢILOR FĂRĂ NOCIVITATE CHIMICĂ DIN APARATELE DE EPURARE

O exploatare completă şi corectă a instalaţiilor de protejare a aerului atmosferic nu este posibilă dacă nu se iau în consideraţie agregatele şi aparatele anexe care concură la funcţionarea acestora.

Utilalajele anexe sînt multiple, dar cele care ridică probleme destul de importante sînt dispozitivele de descărcare din aparate şi modul de transportare a acestor impurităţi la locul de depozitare.

Din cele arătate la capitolele precedente se deduce că instalaţiile de epurare trebuie să colecteze impurităţi din toate domeniile, cu caracteristici din ce în ce mai complexe, impurităţi care datorită atît naturii, cît şi structurii lor, se pot considera fiecare un caz aparte.

Dacă problemei conceperii instalaţiilor de epurare şi a aparatelor de captare a impurităţilor i s-a acordat o atenţie deosebită, totuşi problema evacuării acestora din aparatele respective se consideră că nu se exagerează dacă se afirmă că ea nu a fost încă

rezolvată. Acest lucru poate fi considerat normal deoarece depinde din ce punct de vedere sînt privite aceste impurități. Dacă se va urmări numai latura igienistă de protejare a mediului înconjurător, desigur că ele nu prezintă o importanță economică și înlăturarea lor găsește o anumită soluție, care se pare că la ora actuală ar fi rezolvată în anumite domenii.

Avînd în vedere însă creșterea vertiginoasă a întreprinderilor industriale și a volumului de materii prime (unele destul de rare și de scumpe) care se prelucrează, cantitățile care inerent se evacuează din întreprinderi datorită procesului de producție, devin din ce în ce mai mari, unele din ele avînd deja influență asupra economiilor naționale, iar recuperarea lor în aparatele de epurare capătă deja un aspect gospodăresc, deoarece multe din ele pot fi reintroduse în circuitul economic.

Dacă se mai ia în considerație și faptul că unele impurități colectate au un caracter nociv foarte puternic asupra mediului înconjurător general, oricine își poate da seama că evacuarea, depozitarea, neutralizarea și introducerea lor în circuitul economic devin probleme destul de dificile.

Întrucît lucrarea de față are în mod cu totul special alt scop, în continuare, se vor evidenția doar cîteva metode și mijloace practice de evacuare și transport a impurităților colectate de instalațiile de protejare a erului atmosferic.

Principalele moduri de evacuare a acestor impurități sînt diferite: ● *manuale (cu vagonete, saci, recipiente închise și deschise etc.)*; ● *hidraulice, prin spălare (în special la aparatele care lucrează în mediu umed. Procedeul însă poate fi aplicat și la alte aparate)*; ● *hidraulice, prin refulare sub presiune*; ● *hidropneumatice*; ● *mecanice, cu transportoare cu șnec sau racleți (acest procedeu este însă puțin sigur și aplicarea lui se întîlnește tot mai rar în exploatările moderne)*; ● *neutralizare chimică (la impuritățile cu caracteristici cu totul speciale care impun acest procedeu, fie chiar în aparat după separare, fie în timpul colectării lor înainte de transportare).*

Alegerea sistemului de evacuare depinde în primul rînd de debitul acestora, de caracteristicile lor, de condițiile climaterice, posibilitățile de alimentare cu apă și de o serie de alți factori.

VI.10.1. PROCEDEELE USCATE.

Prin acestea se înțeleg acelea care se separă în aparatul respectiv fără intermediul lichidelor. Procedeul mai depinde și de aparatul de epurare respectiv. De exemplu : pentru colectarea impurităților solide reținute de cicloane s-au adoptat buncăre individuale pentru a împiedica scurtcircuitarea aerului din bateria de cicloane și pentru a stabili eficacitatea fiecărui ciclon în parte (mai ales la multicicloane).

Dispozitivele de descărcare automată a cicloanelor sînt foarte diferite. La unele dintre acestea materialul de evacuat se acumulează într-un buncăr închis printr-o clapetă articulată cu o pîrghie cu două brațe, care are la un capăt o contragreutate reglată să se deschidă atunci cînd materialul colectat ajunge la o anumită greutate. Deoarece în unele întreprinderi cantitățile de impurități în astfel de aparate este foarte mare și rapidă, acest sistem prezintă dezavantajul că va crea o frecvență mare a deschiderii clapetelor, ducînd la reducerea randamentului de separare al aparatului și deci influențînd echilibrul de funcționare al acestuia. Un alt dezavantaj care apare destul de des la acest sistem este blocarea clapetei, care de asemenea influențează regimul de funcționare a ciclonului, fie cînd clapeta rămîne deschisă, fie la înfundarea aparatului cînd această clapetă rămîne blocată.

Un alt sistem de descărcare a acestor impurități este acela la care operația se face prin rotirea parțială la un anumit unghi a unor clapete laterale și a unei clapete de închidere inferioare, angrenate cu o serie de pîrghii articulate prevăzute cu diferite contragreutăți la capete. Deși acest dispozitiv are un randament mai ridicat, el prezintă dezavantajul unei construcții complicate.

Un dispozitiv mai modern și întîlnit din ce în ce mai des în exploatare este cel arătat în fig. VI.22, care înlătură în cea mai mare parte dezavantajele celorlalte două arătate mai înainte, deoarece nu influențează funcționarea cicloanelor pe care le deservește. În fig. VI.22, *a* este reprezentat schematic montajul de ansamblu al acestui dispozitiv, iar în fig. VI.22, *b*, *c* sînt arătate detalii ale părții de descărcare.

Dispozitivul este alcătuit din următoarele părți principale : un buncăr *1* care se atașează prin flanșa *2* la gura de evacuare a ciclonului *3*. La partea inferioară a buncărului se găsesc două clapete *4* și legăturile lor cu tijele de articulație *(5* și *6)*. Tija *6* este atașată cu un dispozitiv de prindere mobil la două plăci oscilante *7* pe axul *8* montat în suportul *9* la partea superioară a ciclonului.

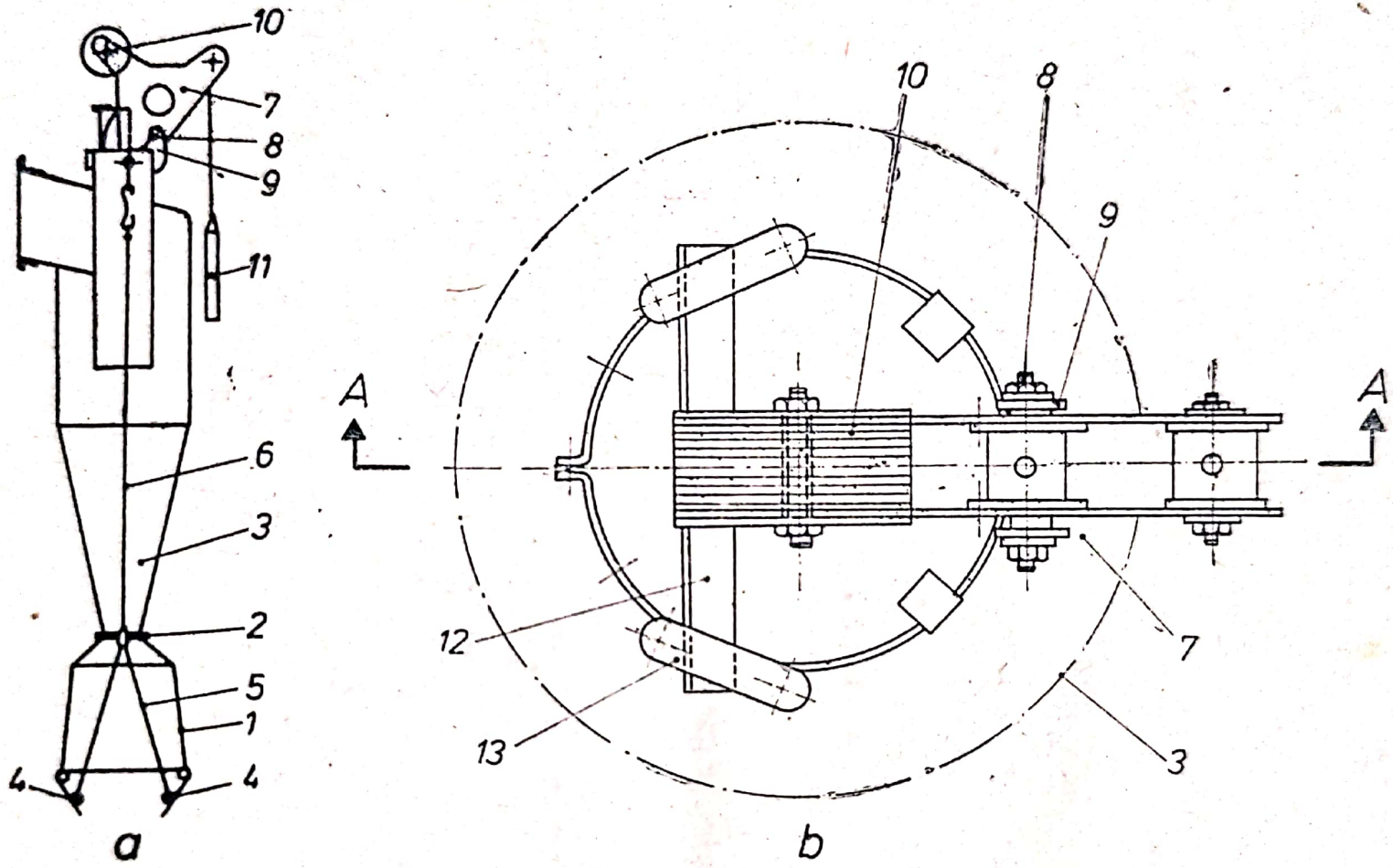


Fig. VI.22. **Dispozitiv de descărcare automată la cicloane:**
a — ansamblu de montaj. *b* — detaliu.

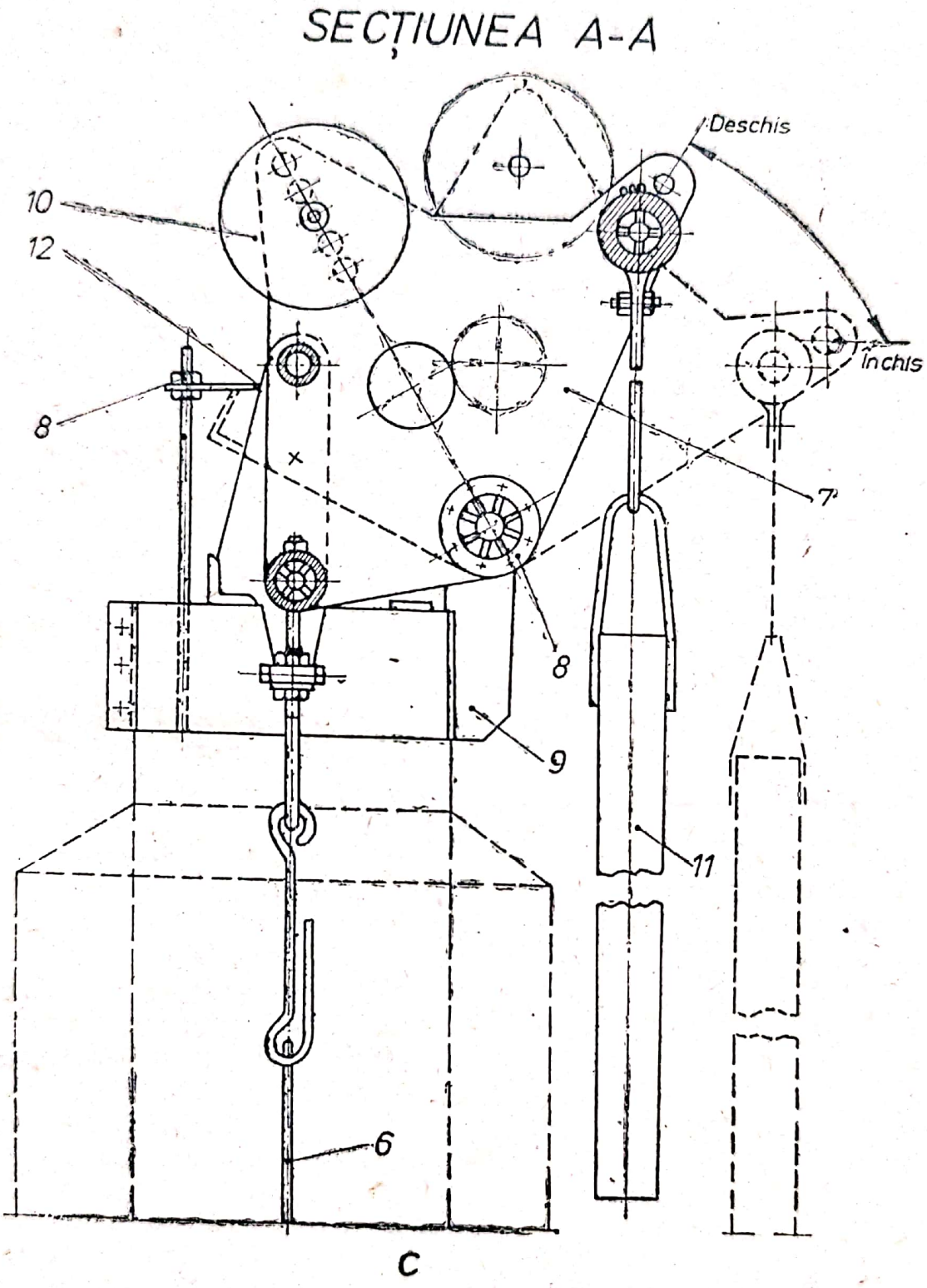


Fig. VI.22 Dispozitiv de descărcare automată la cicloane:
c — secțiune.

În scopul reglajului duratei dintre două descărcări succesive, o serie de discuri succesive *10* sînt montate în spațiul dintre plăcile *7* pe un ax prin intermediul unor distanțiere și piulițe. Discurile au rolul de a adăuga greutăți materialului care se descarcă prin buncărul *1*. Greutatea materialului corespunzător încărcăturii la care se adaugă greutatea plăcilor *10* este echilibrată de contragreutatea *11* montată între plăcile *7* prin intermediul unui dispozitiv de prindere mobil. În poziția de descărcare limita cursei plăcilor oscilante *7* este realizată de un opritor alcătuit din plăcile reglabile *12* asigurate cu piulițele *13*.

Funcționarea acestui dispozitiv este următoarea: în timpul încărcării cu material a buncărului de la baza ciclonului *1* clapetele *4* sînt închise datorită contragreutății *11* care menține plăcile oscilante *7* în poziția reprezentată punctat în fig. VI.22, *c*, adică aceea care corespunde cu pziția maximă ridicată a tijelor *6* și *5* articulate cu clapetele *4*.

Cînd greutatea materialului colectat, la care se adaugă și cea a plăcilor *10*, depășește pe cea a contragreutății, se produce oscilarea plăcilor *7*, în poziția arătată în fig. VI.22, *b*, ceea ce corespunde cu o poziție maximă coborîtă a tijelor *6* și *5*, deci a clapetelor *4*.

După golirea buncărului *1* dispozitivul revine în starea inițială, clapetele *4* se închid automat prin oscilarea lor în poziția punctată a plăcilor *7* sub acțiunea contragreutății *11*.

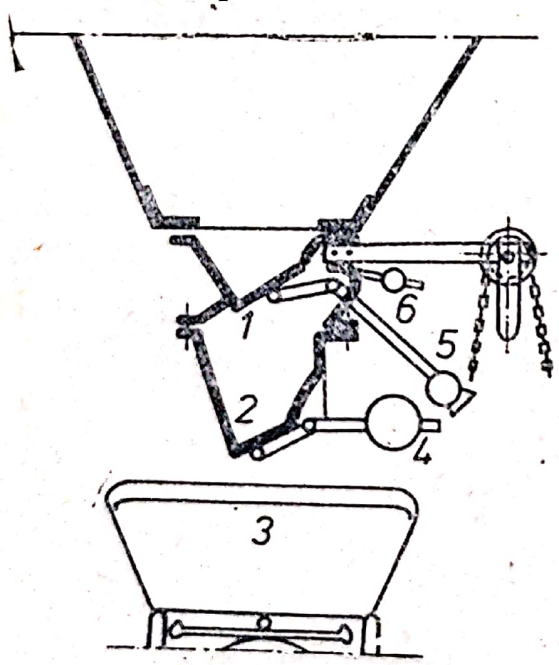


Fig. VI.23. **Dispozitiv de descărcare a impurităților din cicloane.**

Acest dispozitiv are următoarele avantaje: ● *permite instalarea mai multor cicloane pe un singur buncăr, fără ca randamentul de separare al acestora să fie afectat;* ● *asigură o funcționare normală (fără curenți perturbatori) a aparatului pe care îl deservește;* ● *asigură descărcarea aparatelor la intervale mari; descărcarea se face în timp scurt;* ● *prezintă destulă siguranță în exploatare.*

Un alt dispozitiv de descărcare este cel arătat în fig. VI.23 care are un sistem de funcționare asemănător și anume: prin deschidecapacului *1* impuritățile colectate cad din buncăr în camera din-

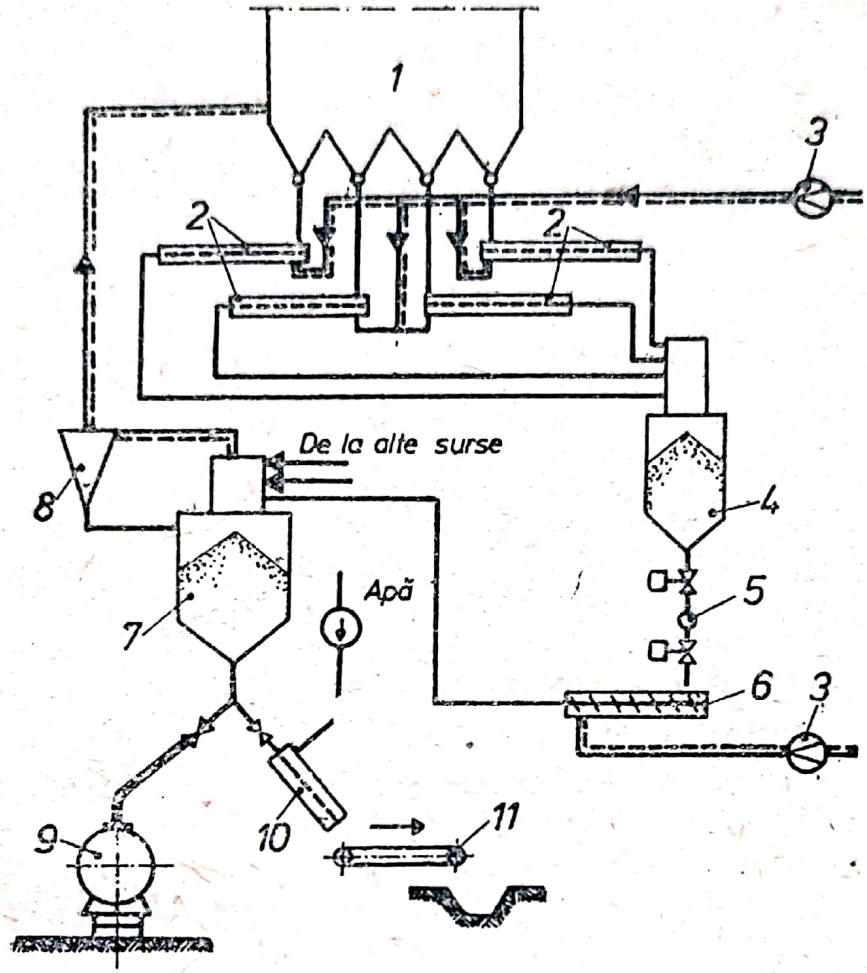


Fig. VI.24. **Evacuarea uscată a cenușii zburătoare.**
1 — filtru electric; *2* — canale transportoare; *3* — ventilator; *4* — siloz de colectare; *5* — dispozitiv de închidere; *6* — pompă de praf; *7* — siloz de praf; *8* — ciclon; *9* — descărcare în cisternă; *10* — umidificare; *11* — descărcare pentru evacuare hidraulică.

tre capacele *1* și *2*. Sub acțiunea greutății acestor impurități, capacul *2* se deschide și impuritățile cad în vagonetul *3*. După golirea pîlniei, contragreutățile *4*, *5* și *6* închid automat capacele *1* și *2*. Acest dispozitiv permite evacuarea impurităților, fără pericol pentru personalul care deservește aparatul (mai ales cînd acesta are o temperatură ridicată).

Acest dispozitiv poate fi utilizat la mai multe feluri de aparate (ciclon, filtru cu tuburi textile, filtre electrice etc.).

Un alt procedeu este cel arătat în fig. VI.24 folosit des la evacuarea cenușei zburătoare captată la centralele termoelectrice. Este un sistem ceva mai complicat, dar el poate fi aplicat și la alte

întreprinderi, unde se colectează mari cantități de impurități (întreprinderi metalurgice, de materiale de construcții etc.).

Procedeele uscate sînt preferate celor umede acolo unde acest lucru este posibil (neputînd fi cazul la aparatele de epurare care lucrează în mediu umed și care folosesc deja lichide în procesul de epurare) **din următoarele motive:** ● *posibilități de înfundare mult mai reduse;* ● *etanșeitate mai ușor de executat;* ● *posibilitatea de valorificare directă a impurităților (acolo unde este cazul).*

În exploatare s-au întîlnit de asemenea metodele de evacuare a impurităților cu șnecuri, ecluze, saci de hîrtie sau material plastic și altele.

VI.10.2. PROCEDEELE UMEDE

Aceste procedee sînt aplicate în primul rînd la aparatele care lucrează în mediu umed, dar se aplică și la aparatele care lucrează în mediu uscat, mai ales acolo unde există disponibilități de apă și impuritățile se pretează la acest procedeu.

Un procedeu de descărcare și evacuare pe cale umedă folosit la centrele termoelectrice mari care funcționează cu cărbune este cel arătat în fig. VI.25. Funcționarea dispozitivului este următoarea: prin deschiderea ventilului *1* apa trece prin ajutajul de spălare *2*, după care intră în camera de recepție a aparatului *3* unde, sub acțiunea vînei de apă impuritățile (cenușa zburătoare) sînt evacuate în țeava de scurgere *4*, care are un obturator hidraulic *5* echipat cu un ajutaj de impuls *6*. Prin deschiderea ventilului *7* apa intră sub forma unei vîne puternice în obturatorul hidraulic și în amestec cu impuritățile este evacuată într-un canal special de scurgere.

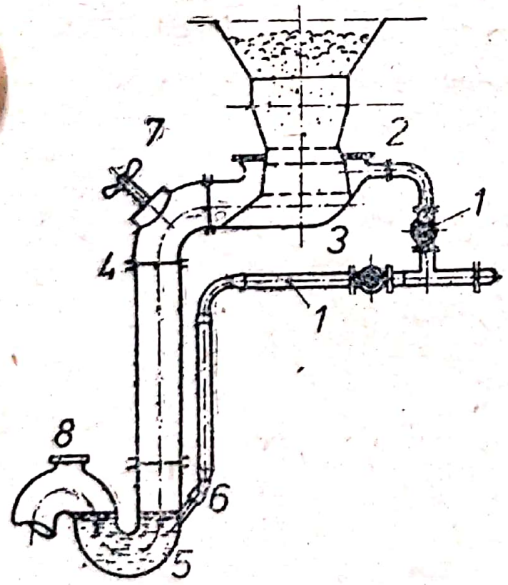


Fig. VI.25. Dispozitiv de spălare de joasă presiune pentru evacuarea hidraulică a unor impurități (cenușă zburătoare).

La coturile conductelor sînt prevăzute orificii pentru curățire *8* spre a se preveni înfundările. Obturatorul hidraulic etan-

şează împotriva pătrunderii aerului în aparatele de epurare la care sînt ataşate aceste dispozitive.

La acest fel de dispozitive, consumul de apă pentru transportul impurităţilor colectate, în condiţii normale, este de 10—15 ori mai mare în greutate, decît greutatea impurităţilor (cenuşei).

În cazul unor posibilităţi limitate de alimentare cu apă, sistemul de evacuare hidraulică a cenuşei zburătoare în centralele termoelectrice se poate face în circuit închis cu un decantor (fig.

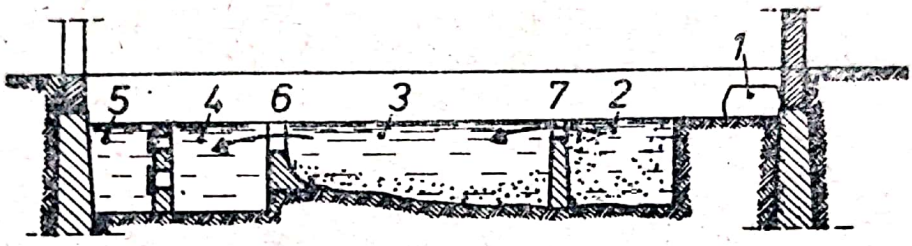


Fig. VI.26. **Schema evacuării în circuit închis.**

VI.26). Acest sistem deşi este eficace este totuşi scump şi prezintă dezavantajul că procesul de decantare a impurităţilor se produce încet necesitînd decantoare mari, iar după decantare, evacuarea acestora poate produce mari dificultăţi.

În fig. VI.27 este arătat un alt sistem de evacuare a impurităţilor. Pentru descărcarea buncărelor aparatelor de epurare de impurităţi *1* se instalează sub ele aceste dispozitive. Conductele de impurităţi au de obicei diametrul de la 125 la 200 mm, iar grosimea peretelui de 10—12 mm şi se instalează adesea în exterior. Pentru siguranţa funcţionării, viteza apei în conductele de evacuare nu trebuie să fie sub 1,50 m/s. La acest sistem consumul de apă, în greutate, nu trebuie să depăşească de 4—10 ori mai mult greutatea impurităţilor evacuate. Conductele care duc spre depozitul central de depuneri (depozit) trebuie prevăzute cu o rezervă de 100%.

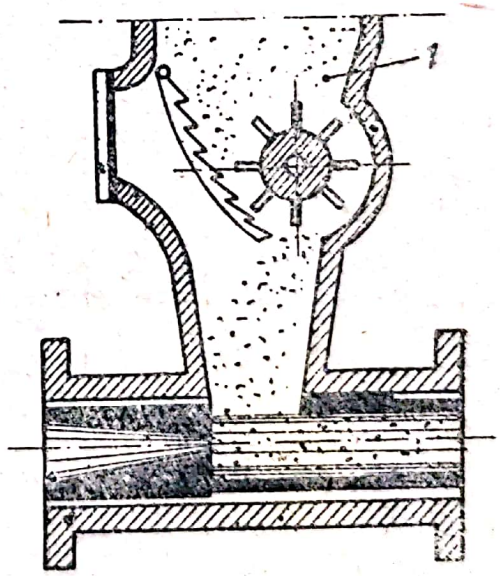


Fig. VI.27. **Schema evacuării hidraulice.**

În caz de nefuncţionare, imediat după oprire sistemul trebuie suflat cu aer comprimat la presiunea de 6—8 at. pentru a se pre-

veni ruginirea conductelor și în special înghețul în timpul rece.

Un alt dispozitiv întîlnit în industria metalurgică este cel arătat în fig. VI.28. După modul de funcționare arătat în continuare, se poate vedea că utilizarea lui este posibilă și în alte domenii, mai ales că el permite recuperarea integrală a materialelor colectate. Dispozitivul pe care îl redăm este un patent american și este utilizat la recuperarea oxidului de fier și de calciu sub formă de praf de la un cuptor metalurgic.

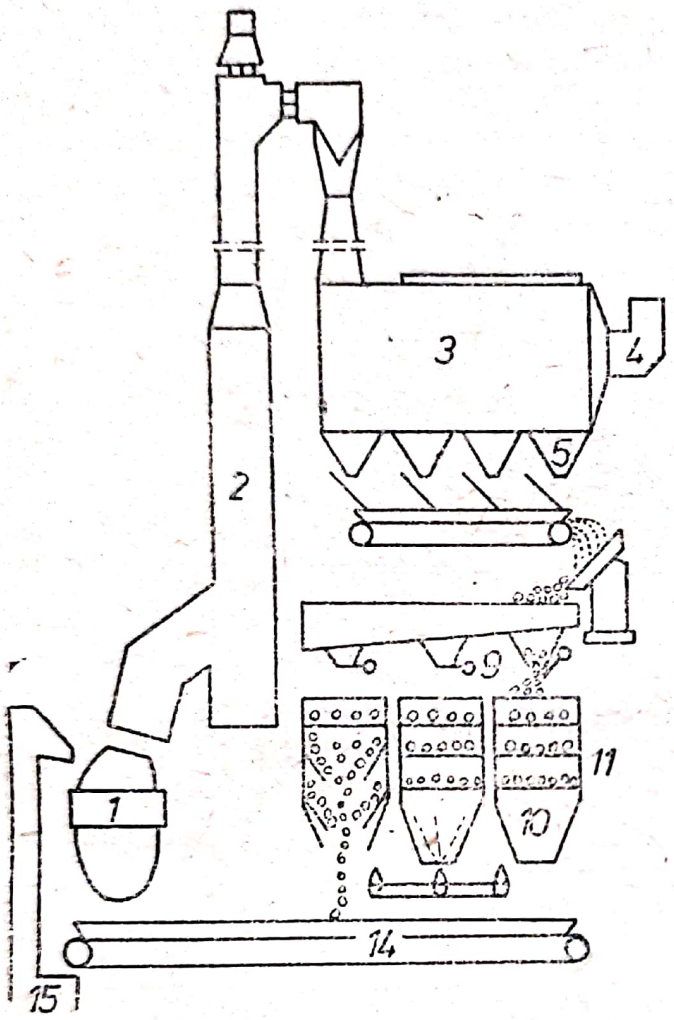


Fig. VI.28. Colectarea și reciclarea oxizilor de fier și calciu de la un cuptor metalurgic.

Modul de funcționare este următorul : gazele reziduale din cuptorul sau convertizorul *1* trec în coșul *2*. După ce trec prin niște duze de măsurare, ajung într-un filtru electric *3* la temperatura de 150°C și sînt eliminate din acesta prin orificiul *4*. Praful se colectează în silozurile *5* și cade pe conveierul *6* care trimite praful pe un disc rotativ *7* unde acesta este amestecat cu apă și transformat în pastile. Aceste pastile, care au un diatru de ~ 20 mm, cad la rîndul lor în colectorul *8* din care de asemenea cad prin niște valve cu placă *9*. Dedesubtul fiecărei valve cu placă se află cîte un siloz *10* de uscare. Fiecare siloz la rîndul lui este prevăzut cu mai multe gratii *11* care pot fi mișcate și îndoite. Aceasta permite pastilelor să se formeze în spațiul dintre pături la diferite înălțimi. Suflanta *12* se poate mișca sub fiecare siloz astfel încît să poată fi introduse în siloz aer sau gaze reziduale prin orificiile *13*. Se folosește de obicei chiar gazul rezi-

dual de la convertizor. Gazul pentru uscare se suflă în siloz cît este necesar (pînă ce pastilele se întăresc). Ulterior aceste pastile trec în conveierul *14* care le depozitează într-un siloz sau direct la un elevator *15* care le introduce în convertizorul *1*.

La aparatele de epurare care funcționează pe cale umedă (coloane cu umplutură, scrubere, dezintegratoare etc.), problema evacuării din aceste aparate a impurităților colectate impune o dirijare automată către mijloace hidraulice.

Nu se greșește dacă se afirmă că exploatarea în bune condiții a instalațiilor de protejare a aerului atmosferic este strîns legată (chiar condiționată) de evacuarea reziduurilor colectate. Ca o idee orientativă a acestor afirmații, (tendința tuturor întreprinderilor industriale la data actuală), se arată că la întreprinderile mari, cantitățile de impurități care se colectează ating zilnic valori care în adevăr, pun probleme la evacuarea lor din aparatele respective, în vederea asigurării unei bune exploatări și funcționării continue a acestora (la un furnal înalt cu o capacitate de 2 600 t/zi, la centralele termoelectrice cu funcționare pe cărbuni inferiori depunerile colectate ajung la ≈ 100 t/zi la 100 MW putere instalată ; fabricile de ciment cu o capacitate de 500 000 t/an depunerile ajung la 120 t/zi etc.).

Datorită celor cîteva date orientative date mai înainte, evacuarea manuală în asemenea cazuri nici nu mai poate intra în discuție, atît din motive de protecție și securitate a celor ce trebuie să îndeplinească această muncă, cît și a imposibilității găsirii de metode care să nu reinfecteze mediul înconjurător (mai ales la evacuarea pe cale uscată). De aceea calea cea mai des utilizată este cea mecanizată (atît pe cale uscată, cît și pe cale umedă).

Revenind la evacuarea umedă, în afară de cele arătate mai înainte, există în exploatare și alte sisteme și anume :

1) Evacuarea continuă cu șnec utilizată la aparatele la care umiditatea nămolului rezultat de la epurare prin amestecul impurităților cu apa are o umiditate mai scăzută (30—50%) este arătată schematic în fig. VI.29 (acest dispozitiv poate fi utilizat și la evacuarea de impurități uscate). Acest sistem de evacuare este întîlnit în exploatare de asemenea la unități de epurare cu debit mare de praf (nămol). Acționarea lui poate fi continuă sau programată, în funcție de volumul buncărului de acumulare a impurităților.

2) Se întîlnesc de asemenea (în instalațiile mai vechi) dispozitive de evacuare cu racleți a impurităților colectate la epurare. Evacuarea cu aceste dispozitive nu este recomandabilă deoarece poate duce la blocări ale racleților. Ele sînt întrebuințate mai ales

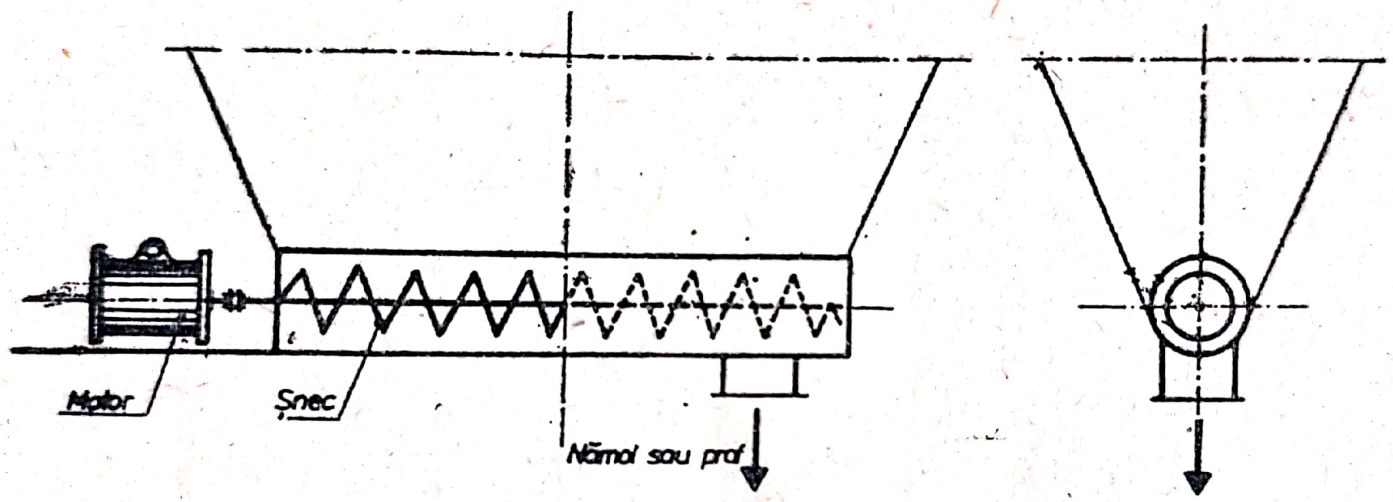


Fig. VI.29. Schema unei evacuări cu șnec.

Scanned with OKEN Scanner

în camerele de depunere și funcționează în același sens cu circulația aerului.

3) *Sistemele de evacuare cele mai moderne care se întîlnesc foarte des în instalațiile de protejare a aerului atmosferic sînt cele pneumatice și hidraulice* deoarece cantitățile mari de impurități care se colectează la data actuală nu mai permit utilizarea eficientă a altor dispozitive.

VI.11. TRANSPORTUL IMPURITĂȚILOR DE LA EVACUAREA DIN APARATELE DE EPURARE LA LOCURILE DE DEPOZITARE

Transportul la locurile de depozitare este de asemenea de o importanță deosebită deoarece, avînd în vedere volumul cantităților de impurități care se colectează (v. cele arătate mai înainte), dacă acesta nu se face rațional și ritmic, evacuările devin ele însele o sursă de impurificare a aerului pe care instalațiile de epurare nu o pot anihila, iar scopul, fiind de protejare a aerului atmosferic din întreprinderi, este compromis complet.

Mijloacele de transport sînt diferite și ele sînt în funcție de starea fizică a impurităților (uscate sau umede), nocivitatea acestora, gradul de nocivitate etc.

În continuare se arată mijloacele cele mai obișnuite în exploatare: ● *transportul hidraulic;* ● *transportul pneumatic;* ● *transportul normal.*

VI. 11.1. TRANSPORTUL HIDRAULIC

În întreprinderile unde apa nu reprezintă o problemă (și unde caracteristicile impurităților se pretează), transportul hidraulic al impurităților se aplică pe scară din ce în ce mai largă. Acest sistem poate fi aplicat prin scurgere liberă (în canale deschise) sau sub presiune. În ultimul caz se întîlnește de asemenea *transport de joasă și de înaltă presiune.*

Evacuarea hidraulică prin scurgere liberă se face pe distanțe mici și în canale deschise. Pentru spălarea mai bună cu apă a canalelor respective se instalează aparate speciale de spălat, la care apa se aduce sub presiune pînă la 2 at. Consumul de apă pentru acest procedeu este în medie de 2—3 m^3 la 1 t de impurități. La coturile canalelor de transport se instalează ajutaje de activare care debitează apă sub presiune de 5—8 at, ceea ce permite transportul unor eventuale aglomerări (bolovani) în greutate pînă la 5—6 kg.

Canalele se construiesc din beton armat (unde este cazul se căptușesc cu plăci de piatră turnată antiacidă sau chiar foarte dură).

În cazul în care condițiile topografice sînt favorabile, transportul prin acest sistem poate fi folosit și la distanțe mai mari.

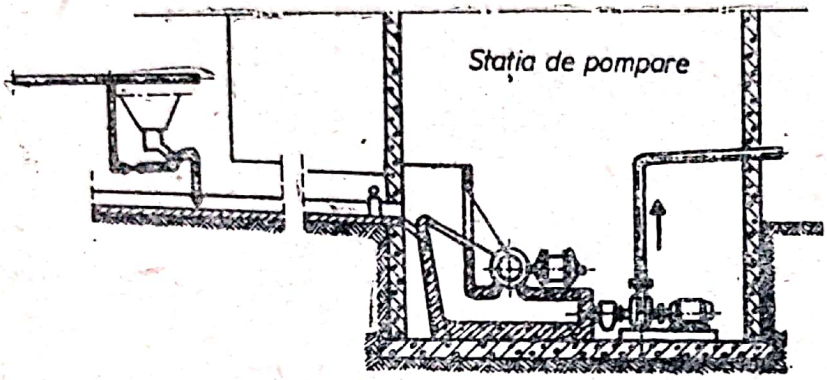


Fig. VI.30. **Schema evacuării hidraulice la presiune joasă cu pompe de nomol.**

Dacă transportul impurităților se face la presiune joasă, se folosesc pompele de nămol (fig. VI.30). În acest sistem amestecul de impurități cu apă se scurge liber pînă la pompele de nămol. De aici pompele de nămol pompează amestecul, prin conducte, la depozitul respectiv.

Deoarece presiunea pompelor este joasă, în cazul în care distanța pînă la depozitul de impurități este mare, este necesar să se instaleze stații de pompare intermediare.

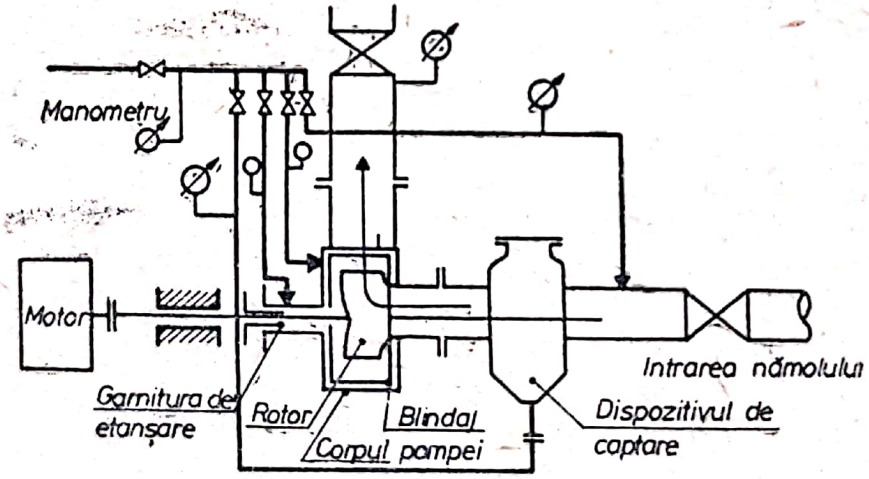


Fig. VI.31. **Schema pompei orizontale de noroi.**

În exploatare se întîlnesc pompe orizontale de noroi (în special la centralele termoenergetice, care lucrează cu cărbuni inferiori) și pompe verticale. Principiul de funcționare al unei pompe orizontale este arătat în fig. VI.31. Durata medie de funcționare a diferitelor elemente ale unei astfel de pompe este de ≈ 60—80 h

pentru rotorii de fontă și ≃ 150—250 h pentru rotorii din oțel (funcție de granulația și abrazivitatea impurităților). Carcasele și arborele rotorului funcționează ≃ 3—4 luni (datele sînt culese din exploatarea unor pompe în funcțiune). Presiunea creată de acest fel de pompe nu depășește 20—30 m H_2O și poate refula noroiul (amestecul de impurități cu apă) pe distanțe de ≃ 800—900 m.

O bună exploatare poate fi realizată numai atunci cînd raportul dintre partea lichidă și cea solidă (impurități) este aproximativ egal cu 2/3. La acest sistem impuritățile solide pot cădea din dispozitivele de descărcare și urcate prin furtunuri speciale. În cazul circulației apei în curent închis pompîndu-se în sistem apă curată numai în cantitatea necesară concentrației limită a amestecului, la care acesta mai poate circula în conducte, adică atunci cînd raportul dintre partea lichidă și cea solidă se păstrează la valoarea de mai înainte (2/3), consumul de apă devine de 4—5 ori mai mic, iar consumul de energie electrică necesară pentru acționarea pompelor de circulație și pomparea masei apoase de 3—4 ori mai redus.

În cazul în care un astfel de transport se execută la presiune înaltă, impuritățile sînt evacuate din aparate în conducta de transport cu aparate speciale care au un ajutaj și un difuzor în formă de două trunchiuri de con unite între ele prin baze. La ajutaj se aduce apă sub o presiune de 20—30 at. Vîna de apă ieșind cu viteză mare din ajutaj, antrenează impuritățile care vin din aparate.

În difuzor energia cinetică a vînei se transformă din nou în presiune și sub acțiunea acestei presiuni amestecul de impurități cu apă este împins din conducta de impurități.

Sub fiecare aparat (fig. VI.32) este așezat cîte un tub colector separat, care funcționează numai cu un ajutaj instalat la capătul tubului colector.

La intrarea tuburilor flexibile care vin de la captatorii de impurități, se instalează de asemenea ajutaje, însă acestea sînt folosite numai în cazuri speciale, cînd se produce o înfundare cu impurități sau la pornire. La funcționarea unui ajutaj se consumă 8 m^3 apă 1 t impurități evacuate. Tubul colector conduce amestecul într-un canal, iar în cazul înfundării și a umplerii excesive a tubului colector, amestecul se scurge într-un tub colector de avarie, cu același diametru, instalat alături de primul. Masa apoasă este evacuată la depozitele (haldele) respective.

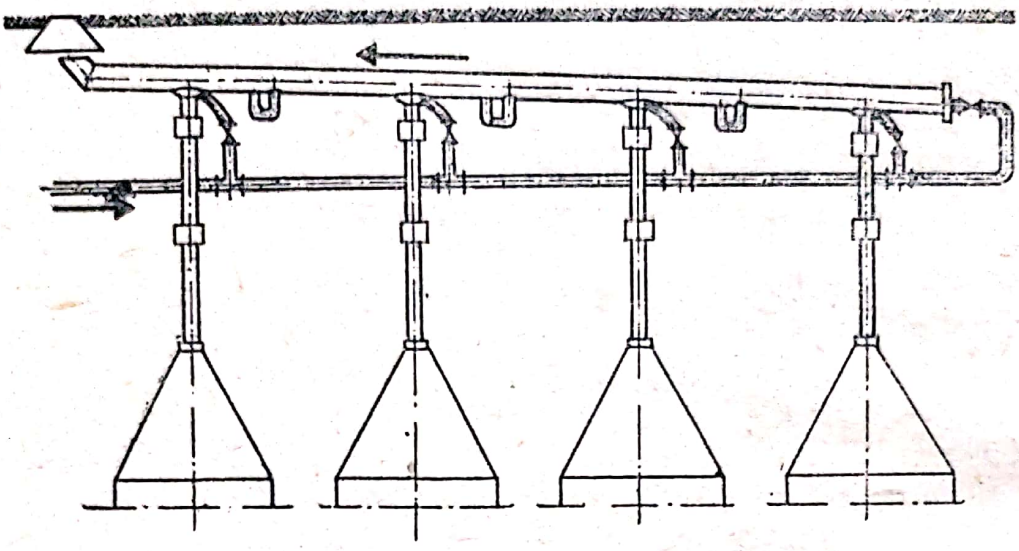


Fig. VI.32. Schema evacuării impurităţilor din mai multe cicloane.

VI.11.2. TRANSPORTUL PNEUMATIC

Impurităţile solide care nu au un grad mare de viscozitate (nelipicioase) se pot transporta de la locul de evacuare din aparate pînă la locul de depozitare şi cu transportorul pneumatic (rumeguş de lemn, cenuşă zburătoare, praf de la diferite instalaţii mecanice etc.). Acest sistem de transport poate fi utilizat la întreprinderile unde apa este o problemă greu de rezolvat.

Pentru a deveni mai economic în exploatare, la acest sistem trebuie avute în vedere următoarele considerente:

1) Secţiunea conductelor trebuie să fie astfel dimensionată încît viteza aerului amestecat cu impurităţile pe care le transportă să fie cuprinsă între 14 şi 20 m/s, stabilită în funcţie de greutatea specifică a impurităţilor care trebuie transportate.

2) Viteza medie a amestecului aer-impurităţi nu trebuie să depăşească 22 m/s, deoarece crescînd viteza, creşte şi uzura conductelor (mai ales în cazul prafurilor abrazive) şi consumul de energie.

3) Racordarea conductelor nu trebuie să se facă la unghiuri mai mari de 15°, iar la anumite distanţe (minimum 300 mm) să se prevadă diafragme, în cazul că apare din calcul necesitatea unei echilibrări de presiune.

4) Coturile nu vor avea o rază mai mică decît cel puţin două ori diametrul conductei.

Pierderea de presiune în conducte la acest sistem de transport se poate verifica cu relaţia:

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \frac{w_f^2 \gamma}{2g}; \qquad \text{(VI.48)}$$

λ = coeficientul de frecare care este în funcție de criteriul Re = wd/υ;
l = lungimea conductei [m];
d = diametrul interior al conductei (cazul secțiunii circulare) sau diametrul echivalent al conductei (cazul celor rectangulare) $d = 2\ ab(a + b)$, [m];
a,b = laturile secțiunii rectangulare [m];
w = viteza fluidului (aer amestecat cu impurități), [m/s];
γ = greutatea specifică a fluidului [kgf/m^3];
g = 9,81 m/s^2 = accelerația gravitației;
υ = viscozitatea cinematică [m^2/s].

Pentru a ușura munca personalului de exploatare, se dă mai jos **corespondența coeficientului de corectare a viscozității aerului în funcție de temperatură:**

Temperatura aerului [°C]	—50	0	50	100	200	300
Coeficientul de corectarea viscozității cinematice	9,5	13,7	18,5	23,7	35,6	49,1

La valori mai mari de 1 kg/cm^2 valoarea acestor viscozități se va împărți la presiunea de lucru [ata].

Mărimea coeficientului de frecare λ depinde, în afară de criteriul *Re*, și de rugozitatea relativă a conductei, care se poate defini prin raportul dintre rugozitatea absolută k a pereților conductei și diametrul ei hidraulic; (pentru conducte de oțel folosite la astfel de temperaturi, k = 0,1 mm).

Coeficientul de frecare λ pentru rețele de transport pneumatic de la mai multe aparate de epurare poate fi verificat folosind următoarea formultă simplificată din practică de Blaese:

$$\lambda = 0{,}0125 + \frac{0{,}0011}{d}; \; d\,[mm]; \qquad \text{(VI.49)}$$

dacă pot fi îndeplinite următoarele condiții: ● *conductele să fie din tablă sudată;* ● *fluidul care circulă în conducte este aerul sau are o viscozitate cinematică apropiată acestuia;* ● *temperatura fluidului este cuprinsă între 50 și 200°C iar diametrul conductei sub 2500 mm;* ● *viteza fluidului transportat este cuprinsă între*

15 și 25 m/s ; ● abaterile admise față de valorile calculate nu depășesc ± 10%.

În afară de pierderile de presiune liniare, în pierderea totală de presiune o pondere importantă o au pierderile de presiune locale arătate mai înainte (v. cap. V), iar coeficienții respectivi în anexa III.

Modul de executare a ramificațiilor și racordărilor este arătat schematic în fig. VI.33. Pentru o verificare mai rapidă a coe-

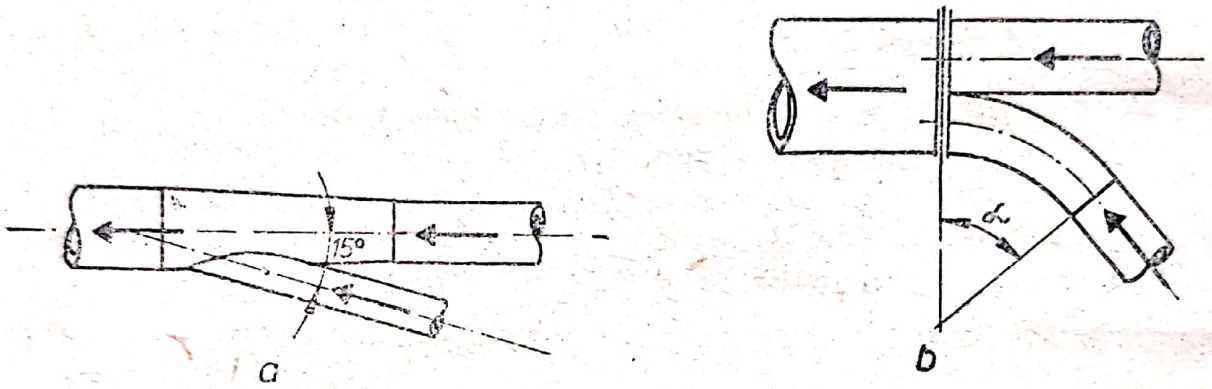


Fig. VI. 33. **Ramificații de conducte :**
a — secțiune circulară ; *b* — secțiune dreptunghiulară.

ficienților de frecare în conducte, se dă diagrama din fig. VI.34. Pentru ca un astfel de sistem de transport să funcționeze în bune condiții, rețeaua respectivă trebuie să fie calculată gazodinamic prin echilibrarea pierderilor de presiune, astfel încît în punctele de joncțiune pierderile totale de presiune în diferite ramificații să fie egale între ele sau cu abateri de cel mult ± 2%. În cazul în care prin simpla dimensionare a conductelor nu se poate ajunge la o astfel de echilibrare a pierderilor de presiune, se va recurge la reglajul cu diafragme montate în apropierea punctelor de aspirație.

O recomandare cu totul specială este ca echilibrarea pierderilor de presiune să se facă gazodinamic și să se evite total vanele sau clapetele de reglaj în acest scop, deoarece orice obstacol pus în conductele de transport pneumatic pot cauza depuneri ducînd la înfundarea conductelor.

În afară de această recomandare la sistemul de transport trebuie avute în vedere și următoarele considerații :

1) Montarea conductelor trebuie făcută cu o pantă suficientă pentru a asigura alunecarea impurităților spre aparatul de antrenare (ventilator, exhaustor) în cazul opririi acestuia.

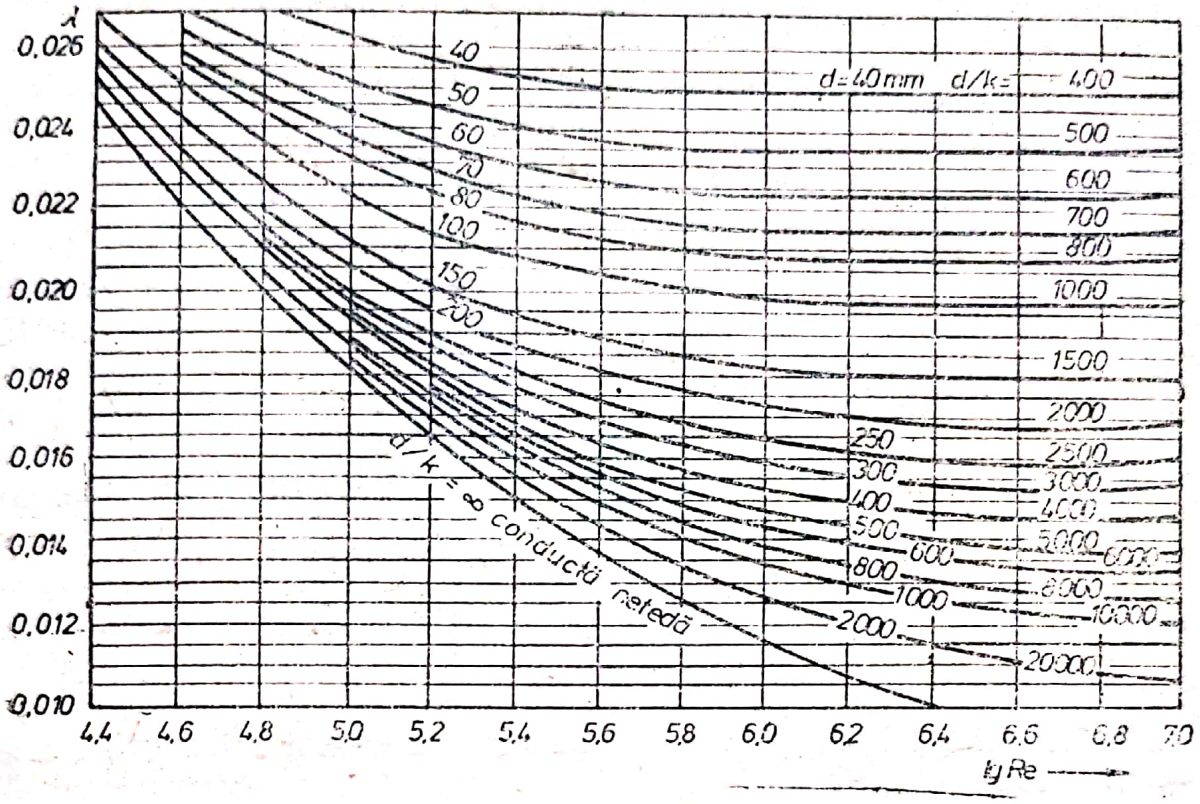


Fig. VI.34. **Diagramă pentru determinarea coeficientului de frecare.**

2) Pentru colectarea impurităților se va prevedea un rezervor amplasat înaintea gurii de aspirație a aparatului de antrenare.

3) În dreptul fiecărui cot sau ramificație trebuie să se prevadă cîte o gură de curățire de construcție, cît mai etanșă posibil, pentru a nu permite intrarea aerului fals prin neetanșeități. De asemenea trebuie prevăzute guri de curățire și pe conductele drepte de lungime mare (la distanțe între 3 și 5 m).

4) Diametrele minime ale conductelor trebuie să fie de 80 mm pentru fluide cu impurități fine, 100 mm pentru impurități de dimensiuni medii (rumeguș de lemn) și 130 mm pentru impurități cu dimensiuni mari (impurități care pot conține și bucăți de metal).

5) Dimensionarea trebuie făcută astfel încît să nu apară scăderi bruște de viteză, ceea ce ar putea provoca depuneri de impurități.

6) Grosimea acestor conducte trebuie să fie mai mare decît cea obișnuită, deoarece la aceste sisteme gradul de eroziune este mai ridicat, aparatele de antrenare (ventilatoarele, exhaustoarele)

să fie de construcție specială pentru transport pneumatic, iar electromotoarele de antrenare capsulate.

VI.11.3. TRANSPORTUL MANUAL

Acest sistem la data actuală este foarte rar întîlnit și numai acolo unde cantitățile de impurități evacuate din aparate sînt reduse, iar caracteristicile acestora se pretează la un astfel de procedeu. Metodele sînt mai multe și anume : în saci închiși imediat după evacuare (în special pentru impurități care se recuperează ca materii prime), în cărucioare sau vagonete sau cu mijloace auto (rumeguș de lemn, nămoluri nenocive etc.). La instalațiile mari însă procedeul nu este posibil din cauza cantităților mari de impurități care se evacuează.

VI.12. TRANSPORTUL IMPURITĂȚILOR CU NOCIVITATE CHIMICĂ

Aceste impurități, funcție de nocivitatea lor, necesită tratamente speciale la evacuarea lor din aparate, iar transportul lor este de asemenea în funcție de tratamentul care trebuie aplicat. Aceasta fiind o problemă foarte variată și de strictă specialitate, nu va fi tratată în lucrarea de față.

În asemenea cazuri personalul care exploatează instalațiile de protejare a aerului atmosferic trebuie să acorde o deosebită atenție acestor tratamente și sînt obligați să ia toate măsurile pentru protecția și securitatea muncii la lucrătorii care le deservesc.

Partea a treia

ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA INSTALAȚIILOR, APARATELOR ȘI AGREGATELOR PRIVIND PROTEJAREA AERULUI ATMOSFERIC

CAPITOLUL VII

ÎNTREȚINEREA

Prin întreținerea unei instalații sau aparat se înțelege totalitatea lucrărilor care trebuie executate în timpul exploatării în scopul menținerii curente a acestora în bună stare de funcționare și la parametrii prevăzuți în contracte și cărțile tehnice.

Aceste acțiuni cuprind deci toate activitățile îndreptate, atît în scopul încetinirii procesului de uzură fizică, cît și în scopul lichidării urmărilor uzurii fizice. Pe de altă parte, prin această acțiune se urmărește de asemenea diminuarea uzurii morale a aparatelor în comparație cu cele mai noi apărute.

Activitatea de întreținere aplicată în mod științific, orientativ, poate fi clasificată în următoarele categorii: ● *preventivă;* ● *planificată.*

a. **Întreținerea preventivă.** Aceasta urmărește să asigure îmbunătățirea funcționării aparatelor și instalațiilor, studiind la anumite etape, stabilite anterior, condițiile de funcționare, starea aparatelor, anomaliile constatate în timpul reviziilor făcute anterior asupra unor piese și subansambluri, evoluția cheltuielilor de întreținere și de exploatare, numărul de piese consumate în timpul unui an de funcționare, punctele slabe unde se produc avarii repetate, părțile sensibile ale aparatelor și instalațiilor, viciile ascunse care nu au putut fi constatate cu ocazia probelor de preluare și altele.

Pe baza rezultatelor obținute în urma analizării celor arătate se aduc îmbunătățirile posibile, urmărindu-se în principal: ● *reducerea timpului de oprire și a avariilor repetate;* ● *reduce-*

rea timpului necesar înlocuirii de piese și repararea avariilor respective; ● reducerea consumurilor specifice anormale în piese și materiale de întreținere, energie electrică și altele; ● evitarea unei uzuri premature de piese; ● diminuarea cheltuielilor de întreținere și deci de exploatare.

Menținîndu-se o strînsă analiză a rezultatelor obținute în exploatare, acțiunea întreținerii preventive permite modificarea stării generale a instalațiilor și aparatelor obținîndu-se, dacă nu performanțe superioare, menținerea cu siguranță a celor prevăzute în cărțile tehnice ale aparatelor și a instrucțiunilor de funcționare în exploatare.

Întreținerea preventivă trebuie aplicată în mod cu totul special pe toată durata de garanție prevăzută în contractele cu furnizorii și constructorii, continuîndu-se pe toată durata de funcționare, chiar după trecerea perioadei de garanție și aplicîndu-se fără deosebire și la utilajele și aparatele executate, chiar de întreprinderea respectivă în atelierele proprii sau pe șantierele de montaj.

Întreținerea preventivă este un sistem modern care se aplică în special cu scopul de a depista, după un program de verificări, a defecțiunilor ce pot apărea în timpul funcționării și eliminarea lor la timpul oportun.

Acest sistem de întreținere, pe lîngă cele arătate mai înainte, cuprinde următoarele grupe de lucrări: ● *inspecțiile sistematice și periodice ale aparatelor și instalațiilor;* ● *clasificarea informațiilor obținute cu ocazia acestora;* ● *analizarea și înregistrarea acestor informații;* ● *eliminarea defecțiunilor posibile.*

Utilitatea acestui sistem de organizare a acțiunii de întreținere a apărut ca urmare a cercetărilor efectuate asupra pierderilor din producție datorită defecțiunilor și avariilor accidentale. El poate fi aplicat de asemenea cu deosebit interes în cazul aparatelor vechi pentru care întreținerea preventivă nu este economică, reprezentînd un compromis pentru întreținerea instalațiilor în stare de funcțiune pe o perioadă cît mai mare pînă la posibilitatea achiziționării unor aparate sau instalații noi. În acest caz aparatele și instalațiile sînt exploatate intensiv și extensiv, iar intervențiile se efectuează numai în cazuri de avarii sau defecțiuni. În asemenea cazuri nu se recomandă efectuarea de remedieri importante deoarece acestea devin neeconomice, iar aducerea aparatelor și instalațiilor la performanțele lor inițiale sau comparabile cu altele moderne nu este posibilă.

b. **Întreţinerea planificată.** Aceasta este o acţiune care se desfăşoară pe baza unui plan conceput în funcţie de caracteristicile aparatelor şi instalaţiilor, de prescripţiile din cartea tehnică a aparatelor şi instrucţiunilor de funcţionare date de constructorul respectiv, de condiţiile în care lucrează aparatele şi instalaţia, cît şi de cele constatate în urma controalelor cu ocazia întreţinerii preventive.

În această acţiune se vor cuprinde lucrări cu caracter permanent ca: ● *ungerea tuturor organelor în mişcare ale fiecărui aparat în conformitate cu graficul fixat în cartea tehnică şi instrucţiunile de funcţionare;* ● *curăţirea exterioară a aparatelor;* ● *înlocuirea garniturilor de etanşare uzate;* ● *verificarea permanentă a aparatelor de măsură şi control montate la fiecare aparat sau loc de măsurare;* ● *strîngerea şuruburilor slăbite din cauza funcţionării şi a trepidaţiilor datorită variaţiilor de debite (lucru foarte frecvent în instalaţiile de protejare a aerului atmosferic);* ● *înlocuirea lagărelor şi rulmenţilor uzaţi;* ● *verificarea penelor de fixare ale organelor de asamblare.*

Această activitate are un caracter continuu şi se execută pe tot timpul exploatării, de aceea necesită un personal de întreţinere afectat permanent exploatării operative.

Întreţinerea este o operaţie legată de accesul direct al personalului în spaţii cu instalaţii în stare de funcţionare. Pentru a asigura buna desfăşurare a operaţiilor de întreţinere, a evita greşeli care să conducă la avarii şi a asigura protecţia şi securitatea muncii în aceste condiţii speciale, executarea lucrărilor trebuie să se facă numai pe bază de autorizaţie scrisă de lucru şi numai de către persoane autorizate şi competente a efectua astfel de operaţii.

Respectarea indicaţiilor prevăzute în autorizaţia de lucru, îndeplinirea măsurilor de securitate, protejarea zonei de lucru şi delimitarea acesteia, pregătirea şi executarea lucrărilor cad în sarcina directă a persoanei care emite autorizaţia de lucru (şefii secţiilor de exploatare, adjuncţii lor, maiştrii principali şi de exploatare), a conducătorului lucrării, a persoanei care a făcut admiterea la lucru şi personalului care execută lucrarea.

Lucrările curente, cu frecvenţă mare, simple, care se găsesc la limita dintre activitatea de exploatare şi de întreţinere, se execută pe bază de instrucţiuni de serviciu cu caracter permanent. De obicei aceste lucrări sînt cuprinse într-un nomenclator adaptat la fiecare situaţie şi instalaţie în parte.

C-da 5728 coala 18

Pentru orientarea personalului care are în sarcină întreţinerea în bune condiţii a instalaţiilor de protejare a aerului atmosferic se dă tabelul VII.1, în care se arată unele lucrări principale legate de operaţia de întreţinere. Deşi spaţiul care a fost afectat acestei lucrări este foarte restrîns, în continuare se va căuta totuşi să se vină în ajutorul personalului care trebuie să execute operaţiile de întreţinere dîndu-i-se indicaţiile cele mai utile pen-

Tabelul VII.1.

Lucrări de întreţinere recomandate a se executa în baza instrucţiunilor de serviciu

Denumirea lucrării	Personalul care execută şi condiţiile de efectuare a lucrării			
	Personalul de deservire operativă	Personalul de întreţinere şi reparaţii		Personal specializat
		Supraveghere de personalul de exploatare	Care apare în atribuţii, în mod normal	
1	2	3	4	5
Completarea uleiului la aparatele şi agregatele la care, prin efectuarea operaţiei respective, nu se pune în pericol persoana care execută operaţia	Dispoziţie verbală sau telefonică	Dispoziţie verbală sau telefonică	—	—
Gresarea aparatelor şi agregatelor	Idem	Idem	—	—
Strîngerea presetupelor la pompele de lichid şi la armăturile instalaţiei (pînă la presiunea de 25 bar)	Atribuţii de serviciu	Atribuţii de serviciu	—	—
Strîngerea presetupelor la armăturile mici (∅ 10, 20, 30) de înaltă presiune la apă şi aburi (acolo unde sînt cazuri la astfel de instalaţii)	—	—	—	Cu aprobarea personalului de deservire operativă

Tabelul VII.1 (continuare)

1	2	3	4	5
Înlocuirea manometrelor care au ventil de izolare	—	—	—	Cu aprobarea personalului de deservire operativă
Executarea operației de verificare a poziției la aparate	—	—	—	Idem
Reglarea regimului de lucru la aparate	—	—	—	Idem
Înlocuirea diagramelor la aparate	Atribuții de serviciu	—	—	—
Verificarea indicației manometrelor cu ajutorul manometrului de control	—	—	Sub supravegherea personalului operativ	—
Lucrări de curățenie în jurul aparatelor și agregatelor	Atribuții de serviciu	—	—	—
Lucrări de întreținere a geamurilor, ușilor etc. la sălile în care se află montate aparatele de epurare	Atribuții de serviciu	—	—	Sub supravegherea personalului de deservire operativă
Lucrări de vopsitorie în afara zonelor periculoase a instalațiilor	Idem	—	—	Idem
Lucrări de afișare a instrucțiunilor, semnelor vizibile de protecție și securitate a muncii și plăcuțelor avertizoare	Dispoziție verbală sau telefonică	—	—	Idem

Tabelul VII.1 (continuare)

1	2	3	4	5
Refacerea inscripţiilor pe aparate şi conducte	Atribuţii de serviciu	Cu dispoziţie verbală sau telefonică	—	Idem
Luarea probelor de fluid din conducte	Idem	—	—	Idem
Măsurarea turaţiilor la electromotoare şi aparatele de antrenare (ventilatoare, exhaustoare, aspiratoare de fum etc.)	Dispoziţie verbală sau telefonică	—	—	Idem
Măsurarea debitelor de fluid din instalaţie	Sarcină de serviciu	—	—	Idem
Măsurarea concentraţiei de impurităţi înainte şi după epurare	Idem	—	—	Idem
Măsurarea pierderilor de presiune din conducte şi canale	Sarcină de serviciu	—	—	Sub supravegherea personalului de deservire operativă
Refaceri de porţiuni mici de izolaţii la conducte şi canale	Dispoziţie verbală sau telefonică	Dispoziţie verbală sau telefonică	—	Cu aprobarea personalului de deservire operativă
Lucrări de volum şi de scurtă durată la instalaţiile auxiliare care se află în rezervă sau a căror oprire afectează funcţionarea agregatului de bază	—	Cu dispoziţie verbală sau telefonică	Cu dispoziţie verbală sau telefonică şi sub supravegherea personalului de deservire operativă	—

Tabelul VII.1 (Continuare)

1	2	3	4	5
Înlocuirea de aparate înregistratoare care nu împiedică buna funcționare a instalațiilor	Dispoziție verbală sau telefonică	Idem	—	—
Completarea cernelei la aparatele înregistratoare	Atribuțiuni de serviciu	Idem	—	—
Curățirea gheții și a zăpezii de pe mijloacele de acces la aparatele care funcționează în aer liber (scări, podeste etc.)	Idem	—	—	—
Măsurarea temperaturilor fluidelor	Idem, zilnic	—	—	—
Controlul etanșeității șuberelor și clapetelor de la canale și conducte	Idem, zilnic	—	—	—
Ungerea și controlul închiderii și deschiderii armăturilor	Conform graficului întocmit	—	—	—
Examinarea modului de fixare și de reazem al conductelor, a compensatoarelor de dilatație	Sarcină de serviciu Cel mult la trei luni	—	—	—

tru cazurile întîlnite în practică la aparatele și agregatele cele mai importante care intră în componența instalațiilor de protejare a aerului atmosferic.

c. **Noțiunea de uzură.** Uzura normală a unei mașini, utilaj sau instalație, în general se referă la aceea a subansamblurilor și pieselor componente și care apare în cursul exploatării acestora. Uzura este un fenomen care nu poate fi evitat total și ea crește proporțional cu numărul orelor de funcționare (a nu se confunda cu uzura morală, care este un alt aspect cu totul deosebit). Uzura

poate fi însă întîrziată, printr-o bună întreţinere pînă la durata finală a unei piese, pentru care a fost calculată şi concepută.

Fenomenul de uzură se poate concretiza prin : ● *modificarea dimensiunilor, a formei geometrice şi a masei piesei respective ;* ● *apariţia de jocuri peste limitele admise ;* ● *înrăutăţirea proprietăţilor stratului superficial al pieselor (metalizare, cimentare etc.) ;* ● *apariţia de fisuri, arsuri, ştirbituri şi chiar distrugerea piesei ;* ● *micşorarea preciziei de lucru a utilajului, aparatului şi instalaţiei respective ;* ● *creşterea consumului specific de lubrifianţi, energie, apă de răcire etc. ;* ● *dificultăţi în manipularea aparatelor ;* ● *scăderea productivităţii etc.*

Procesul de uzură este destul de complex şi este determinat de un mare număr de factori şi fenomene (mecanice, chimice, termice, fizice etc.), a căror cunoaştere este însă foarte importantă, deoarece luarea măsurilor celor mai potrivire de prevenire şi înlăturare a uzurii este funcţie de aceasta.

În instalaţiile de protejare a aerului atmosferic se pot constata următoarele tipuri de uzură :

1) *Uzura care apare la suprafeţele în frecare,* adică atunci cînd filmul de lubrifiant se întrerupe datorită unei ungeri insuficiente sau a folosirii unui lubrifiant necorespunzător (lagărele ventilatoarelor, exhaustoarelor, motoarelor electrice etc.).

2) *Uzura datorită abraziunii* din cauza particulelor abrazive dure care se găsesc în fluidele de epurat, provenite din procesul de producţie (ventilatoare, conducte, aparate). Acest fel de uzură este cel mai accentuat în instalaţiile de protejare a aerului atmosferic.

3) *Uzura datorită coroziunii* (v. capitolele precedente), datorită acţiunii chimice sau electrochimice a unor agenţi chimici agresivi asupra straturilor superficiale ale aparatelor şi instalaţiilor.

4) *Uzura datorită oboselii materialelor* (adică scăderea rezistenţei materialelor ca urmare a solicitărilor variabile la care sînt supuse unele părţi din instalaţie). Datorită acestui fenomen apar ciupituri, exfolieri, desprinderi de material, ruperi etc.

Factorii principali care duc la uzuri premature pot fi : ● *natura materialului din care este confecţionat aparatul sau piesa respectivă (structura, compoziţia chimică, duritatea etc., mai ales cînd nu s-au respectat prescripţiile din proiectul de execuţie) ;* ● *condiţiile de funcţionare : temperatură, sarcină, mediu, viteza de circulaţie a fluidelor, umiditatea, viscozitatea acestora etc.) ;* ● *natura mediului în care lucrează ;* ● *felul lubrifiantului utilizat, tratamente termice şi termochimice aplicate materialelor şi su-*

prafețelor exterioare; ● *mărimea jocurilor lăsate la montaj (montaj necorespunzător);* ● *rugozitatea unor suprafețe;* ● *condiții de exploatare (suprasarcini, întreținere necorespunzătoare etc.).*

Evitarea uzurilor premature nu poate fi realizată cu eficiență atît de către constructorii de aparate și instalații, cît și de personalul care le exploatează și întreține decît dacă urmăresc cu mare atenție dinamica acestui proces și intensitatea lui. Această urmărire se caracterizează prin măsurări continue, demontarea unor organe la anumite intervale de timp, urmărirea anumitor indici funcționali, metode statistice etc.

Numai ținînd seama de rezultatele urmăririi uzurii fizice a agregatelor și aparatelor se poate determina durata de serviciu și durata de funcționare prescrisă în norme între perioadele de reparații și revizii planificate. Un organ sau un aparat se consideră că a atins limita maximă admisă de uzură, atunci cînd uzura acestuia are o valoare peste care, exploatarea în continuare în condiții normale, nu mai prezintă siguranță și influențează negativ rezultatele care trebuie obținute.

VII.1. ÎNTREȚINEREA ORGANELOR DE ANTRENARE (ventilatoare, exhaustoare, aspiratoare de fum etc.)

Astfel de aparate funcționează în mod normal la turații destul de mari (900—1 000 rot/min). Datorită variației de debit de fluid de epurat, a concentrației acestuia și a viscozității (din cauza variației de umiditate), aparatele de antrenare sînt supuse la variații continue a eforturilor care au efect, în mod cu totul special, asupra stabilității lor și al axialității cu electromotoarele cu care sînt cuplate. Atît aparatele de antrenare cît și electromotoarele acționează pe lagăre și rulmenți.

Pentru buna funcționare a acestor aparate, personalul care are în sarcină întreținerea lor în exploatare trebuie să aibă în permanență în vedere următoarele: să se utilizeze lubrifianți (ulei, vaselină) prescriși în cartea tehnică a aparatelor și în instrucțiunile respective. Este absolut interzis a se schimba lubrifianții cu alții care au alte caracteristici, deoarece duce la gripări, uzuri premature și scoaterea din funcțiune a aparatelor. La alegerea lubrifianților trebuie să se țină seama de proprietățile lor fizico-chimice pentru ca, în funcție de acestea, să se utilizeze la fiecare loc de ungere lubrifiantul corespunzător.

Proprietăţile lubrifianţilor sînt următoarele : ● *viscozitatea* care reprezintă rezistenţa opusă de acesta deplasării relative a particulelor lui. Datorită acestei proprietăţi lubrifiantul poate să umple spaţiul dintre suprafeţele în mişcare, separîndu-le complet ; ● *densitatea* (raportul dintre masa unui lichid şi volumul lui) arată dacă lubrifiantul (uleiul) a fost bine rafinat ; ● *temperatura de aprindere* (care indică pînă la ce temperaturi poate lucra lubrifiantul) ; ● *temperatura de congelare*, care indică influenţa temperaturilor coborîte asupra viscozităţii lubrifiantului ; ● *capacitatea de ungere*, adică proprietatea lubrifiantului de a adera în straturi subţiri la suprafeţele metalice, formînd pelicule pe suprafeţele de frecare ; ● *conţinutul de cenuşă*, care indică de asemenea gradul de rafinare a lubrifiantului (uleiului) ; ● *neutralitatea*, adică aciditatea minerală şi alcalinitatea (standardele în vigoare nu admit ca uleiurile minerale să conţină urme de aciditate minerală şi alcalinitate) ; ● *puritatea*, care indică prezenţa în lubrifiant a substanţelor străine (praf, nisip, particule metalice etc.); ● *culoarea*, care iarăşi depinde de gradul de rafinare ; ● *stabilitatea*, adică timpul de menţinere a caracteristicilor iniţiale ; ● *punctul de picurare*, adică temperatura la care se produce căderea primei picături a lubrifiantului la încălzirea acestuia (se referă la unsorile consistente).

Uleiurile folosite în industrie la funcţionarea aparatelor :

1) *Uleiurile vegetale* se folosesc în special ca aditivi pentru uleiurile minerale (adică substanţe care adăugate uleiurilor în proporţii de 0,1—10% le îmbunătăţeşte proprietăţile). Uleiurile vegetale cel mai des întîlnite la ungerea aparatelor sînt uleiul de rapiţă şi de ricin.

2) *Uleiurile animale* se folosesc la aparatele fine (în special la aparatele de măsură şi control) şi la fabricarea unsorilor consistente. Dintre acestea fac parte cele din oase, din spermanţet, ulei de balenă, din seu etc.

3) *Uleiurile minerale* provin din distilarea ţiţeiului şi se clasifică în funcţie de proprietăţile principale pe care le au astfel : ● uleiuri pentru motoare ; ● uleiuri pentru transmisii (angrenaje în carcase închise) ; ● uleiuri pentru maşini şi utilaje industriale ; ● uleiuri electroizolante ; ● uleiuri pentru prelucrarea metalelor ; ● uleiuri pentru tratamente termice ; ● uleiuri pentru alte întrebuinţări.

Din aceste categorii, personalul care răspunde de întreţinerea instalaţiilor şi aparatelor pentru protejarea aerului atmosferic, folosesc : uleiurile pentru transmisii, uleiuri pentru maşini şi

utilaje industriale, uleiuri electroizolante și uleiurile de oase (pentru aparatele de măsură și control).

Caracteristicile uleiurilor folosite la instalațiile de protejare a aerului atmosferic : ● *uleiuri industriale* notate cu I (STAS 383-70 ; *uleiuri pentru lagăre* notate cu **L** (STAS 7332-65 ; ● *uleiuri pentru transmisii industriale, angrenaje* etc. notate **TIN** ; ● *uleiuri pentru glisiere* notate cu **G**.

Unsori. Acestea se obțin din amestecul uleiurilor minerale cu săpunuri ale acizilor grași și alte substanțe chimice și conform STAS 4951-68 se clasifică astfel : ● *unsori de uz general* notate cu **U** (STAS 562-71) ; ● *unsori pentru rulmenți* notate cu **RUL** (STAS 1608-72 ;) ● *unsori pentru lagăre* notate cu LD (STAS 6320-68) ; ● *unsori pentru temperaturi joase* notate cu TJ (STAS 2721-71) ; ● *unsori de protecție* notate cu Al.

Pentru orientarea personalului care are răspunderea întreținerii aparatelor de antrenare, în tabelul VII.2 sînt arătate consumurile specifice de ulei pentru lagăre cu ungere cu inele. Pentru lagărele electromotoarelor norma medie a consumului de ulei este

Tabelul VII.2.

Norme de consum de ulei pentru lagăre cu sistem de ungere cu inele

Diametrul arborelui [mm]	Capacitatea carterului [kg]	Consumul de ulei pentru umplerea lagărelor		Consumul de ulei pentru adaos		Consumul total de ulei	
		Fără regenerare [kg/an]	Cu regenerare [kg/an]	Pe schimb [g/schimb]	Pe an [kg/an]	Fără regenerare [kg/an]	Cu regenerare [kg/an]
Pînă la 15	0,10	0,6	0,24	1,0	1,1	1,7	1.5
40— 50	0,25	1,5	0,60	4,0	4,4	5,9	5,0
75—100	2,00	12,0	4,80	15,0	16,5	28,5	29,0
100—120	3,00	18,0	7,20	20,0	22,0	40,0	35,0
120—135	4,00	24,0	9,60	23,0	25,0	49,0	21,0
135—150	5,00	30,0	12,00	25,0	27,0	57,0	40,0

NOTĂ. În mod normal schimbarea uleiului trebuie făcută de 6 ori/an (dacă instrucțiuni speciale nu prevăd alte termene). Cantitatea de ulei ieșită din regenerare se socotește de 60% din capacitatea lagărului. Înainte de utilizare se vor consulta prescripțiile din STAS-ul respectiv.

de ≈ 400 kg / 1 000 kW putere instalată. Aceste cantităţi sînt bineînţeles funcţie şi de calitatea uleiului respectiv. În ţara noastră fabricarea uleiurilor folosite ca lubrifianţi se face conform standardelor de stat în care sînt date toate caracteristicile respective şi modul de utilizare. Este deci absolut necesar ca personalul de întreţinere să consulte continuu aceste standarde şi să folosească numai lubrifiantul care corespunde prescripţiilor din cartea tehnică a aparatului sau instrucţiunilor de întreţinere.

Normele de consum de unsori consistente pentru rulmenţi sînt date, de asemenea orientativ, în tabelul VII.3. Unsorile ca şi

Tabelul VII.3. **Norme de consum unsori consistente pentrul rulmenţi**

Diametrul arborelui [mm]	Capacitatea lagărului [kg]	Consumul de unsoare		
		Pentru umplere [kg/an]	Pentru adaos [kg/an]	Total [kg/an]
Pînă la 20	0,07	0,14	0,17	0,20
20— 30	0,10	0,20	0,025	0,25
30— 50	0,20	0,40	0,05	0,50
50— 75	0,70	1,40	0,18	1,60
75—100	1,30	2,60	0,33	3,00
100—125	2,50	5,00	0,63	6,00
125—150	4,50	9,00	1,12	10,00

NOTĂ. În mod normal schimbarea unsorii trebuie făcută de 2 ori/an (în funcţie de caracteristicile unsorii). Consumul pentru adaos se socoteşte de ≈ 25% din capacitatea lagărului. Înainte de utilizare se va consulta STAS-ul respectiv.

uleiul se fabrică după standardele de stat în care sînt precizate caracteristicile şi unde pot fi folosite. Şi în acest caz utilizarea unsorilor trebuie făcută în conformitate cu prevederile cărţii tehnice a aparatului şi a instrucţiunilor de întreţinere.

Pentru lagărele electromotoarelor norma de unsoare este de circa 87 kg/an pentru 1 000 kW putere instalată.

În ceea ce priveşte reductorii, deşi în instalaţiile de protejare a aerului atmosferic se întîlnesc mai rar (la aparatele de an-

trenare cu debite mari), totuşi avînd în vedere că se întîlnesc, în tabelul VII.4 sînt notate normele de consum de ulei pentru acestea. Observaţiile asupra acestor uleiuri sînt aceleaşi ca şi la uleiurile pentru lagăre.

Tabelul VII.4. **Norme de consum de ulei pentru reductori**

Capacitatea carterului [kg]	Consumul de ulei pentru ungere				Consumul total cu regenerare [kg/an]
	Fără regenerare [kg/an]	Cu regenerare [kg/an]	Pe schimb [g/schimb]	Pe an [kg/an]	
5	20	4	30	33	37
10	40	8	40	44	52
25	100	20	55	60	80
50	200	40	70	78	118
100	400	80	80	90	170
200	800	160	100	110	270
300	1 200	240	120	130	370

NOTĂ: Schimbarea normală a uleiului trebuie făcută de 4 ori/an (funcţie de calitatea uleiului). Cantitatea de ulei obţinută din regenare este de $\approx$ 80%. Înainte de utilizare se va consulta STAS-ul respectiv.

VII.1.1. LAGĂRELE.

VII.1.1.1. **Lagărele de rostogolire.** Lagărele de rostogolire folosesc ca elemente de susţinere a rulmenţilor (corpuri de rulare) bile, role cilindrice, ace, role conice etc. În exploatare rulmenţii pot suferi defecţiuni, arătate în principal în tabelul VII.5. Deşi lagărele de rostogolire au o mare siguranţă în exploatare, este necesar să se controleze periodic starea de funcţionare, respectiv: alimentarea cu lubrifiant (uleï sau unsoare). Zgomotul produs în timpul funcţionării şi temperatura nu trebuie să prezinte creşteri peste limita admisibilă.

VII.1.1.2. **Lagărele de alunecare.** Cînd vitezele arborilor aparatelor sînt mari, între suprafeţele de frecare se aspiră ulei, astfel că arborele pare că pluteşte pe stratul de ulei, iar frecarea se

Tabelul VII.5. **Defecte ce pot apărea la rulmenţi şi cauzele lor**

Defectul	Locul defectului	Cauze
1	2	3
Exfolierea materialului (desprinderea unor lamele subţiri de la suprafaţa pieselor)	Diferite locuri de pe suprafeţele de contact ale corpurilor sau căilor de rulare La marginile căilor de rulare ale rolelor În zonele diametral opuse căilor de rulare	Obosirea materialului datorită solicitărilor normale dacă rulmentul a ajuns la durata de funcţionare necesară, sau datorită unor suprasarcini dacă rulmentul a funcţionat un timp mai scurt Rulmentul a fost solicitat excentric, inelele fiind descentrate reciproc sau au fost montate pe un fus cu conicitate sau într-o carcasă cu conicitate Ovalitatea carcasei sau a axului rotitor
Fisuri şi rupturi	Pe inelul interior şi cu orientare axială Pe mijlocul căilor de rulare, în direcţia acestora cu deviaţia axială	Presarea exagerată a inelului interior pe un arbore cu conicitate sau a bucşei de fixare în inel Lovituri pe inel Rulmentul a fost sprijinit numai pe marginile inelului
Fisuri şi rupturi	Pe corpurile de rulare Fisuri în reţea pe corpurile sau căile de rulare Fisuri pe diferite orientări, pe corpurile şi căile de rulare, rupturi	Suprasarcină momentană foarte mare Supraîncălzirea materialului la rectificare Tratament termic necorespunzător (dacă proba metalografică indică acest lucru)

Tabelul VII.5 (continuare)

1	2	3
Adîncituri și amprente	Pe căile de rulare în forme neregulate Pe căile de rulare, cu formă caracteristică datorită imprimării bilelor sau rolelor Pe căile de rulare la distanțe între corpurile de rulare Pe căile de rulare avînd o frecvență regulată	Corpurile străine sau impurități prinse între corpurile de rulare și căile de rulare Suprasolicitări locale Vibrații puternice în decursul staționării rulmentului
Antrenări de material (uzuri în formă de dungi transversale)	Pe căile de rulare și corpurile de rulare Pe umerii de ghidare ai rulmenților cu role sau pe fețele frontale ale rolelor Pe căile de rulare ale rulmenților axiali cu bile în formă de linii spirale Pe căile de rulare ale rulmenților radiali cu role cilindrice	Unsori cu viscozitate mare care frînează rotirea normală a rolelor în zonele de încărcare Ungere slabă și presiune extrem de mare Efect giroscopic la sarcină mică și turație mare Montarea forțată a inelului liber pe garnitura de role
Uzură timpurie	Pe căile de rulare, corpurile de rulare sau carcasă (cu caracter mai mult sau mai puțin uniform)	Greșeli la montajul rulmenților Pătrunderea de impurități cu proprietăți abrazive Ungere insuficientă sau lipsă de ungere
Cratere și puncte la intervale neregulate	Pe căile de rulare și în direcția acestora sub formă de puncte și prin înmulțirea acestora sub formă de linii paralele	Trecerea unui curent electric prin rulment la diferențe de potențial mai mari de 0,4—0,5 V Se datorește defectării sistemului de punere la pămînt a echipamentului electric

Tabelul VII.5 (continuare)

1	2	3
Coroziune	Pete pe diferite suprafețe ale rulmenților, inclusiv cele de contact Pete pe suprafața de fixare în carcasă sau pe fus	Lubrifiant necorespunzător Pătrunderea umezelii sau agenților corosivi în rulment Arcuirea provocată de o sarcină prea mare pe arbore sau carcasă Mici mișcări între suprafețele de contact ale rulmenților cu arborele sau carcasa
Distrugerea coliviei	Inele sau nituri rupte	Ungerea necorespunzătoare care duce la frecări mari și uzura elementelor coliviei Utilizarea la turații și sarcini mari a unor rulmenți cu colivie de construcție nepotrivită

produce numai între particulele acestuia. De aceea la astfel de aparate uleiul utilizat trebuie să aibă viscozitatea corespunzătoare. Temperatura sa trebuie să corespundă acestei viscozități pentru ca uleiul să nu fie eliminat prin frecare sau prin presiune și astfel suprafețele de frecare să rămînă neunse. Prin urmare nu se recomandă supraîncălzirea uleiului peste o anumită temperatură. Pentru a înlătura posibilitatea supraîncălzirii uleiului și deci a scăderii viscozității, lagărele de alunecare ale agregatelor de aspirație sau de refulare se prevăd cu un sistem de răcire cu apă. Aceasta se realizează fie prin introducerea unei serpentine de răcire în baia de ulei a lagărului, fie prin construirea unui corp gol în interior prin care trece apa de răcire. Temperatura limită la care uleiul își pierde proprietățile de ungere se consideră 125°C (în funcție de caracteristicile uleiului și instrucțiunile date de fabricant). În practică nu se admite ca temperatura să depășească 70°C, deoarece peste această temperatură apare pericolul de oxidare a uleiului.

Dacă F este sarcina pe lagăr transmisă de arbore [kgf], l — lungimea lagărului [cm] și d — diametrul fusului atunci

presiunea medie se poate verifica astfel :

$$p_m = \frac{F}{dl} [kgf/cm^2], \qquad \text{(VII.1)}$$

iar **momentul de frecare pe suprafața cilindrică a arborelui** cu relația:

$$M = \mu F r \, [kgf \cdot cm^4]; \; \mu = \text{coeficientul de frecare.} \qquad \text{(VII.2)}$$

Lucrul mecanic în unitatea de timp produs de frecare pe suprafața fusului la o turație de n [rot/min] se verifică astfel :

$$P_f = \frac{\mu F r \pi n}{30} [kgf.cm/s]; \qquad \text{(VII.3)}$$

coeficientul de frecare μ diferă la arborele nou față de cel utilizat. Datorită erorilor inevitabile la execuție, contactul dintre lagăr și fusul arborelui nu este întotdeauna uniform ; din această cauză se pot obține în unele locuri forțe mari care pot elimina lubrifiantul. În asemenea cazuri frecarea se produce între corpuri solide, pe cînd în lagărele utilizate frecarea are loc în filmul de lubrifiant, rezultînd pierderi prin frecare mai mici (situație la care se ajunge după perioada de rodaj).

Coeficientul de frecare al fusurilor depinde de sarcină, viteza periferică și de temperatură. Rezultatele obținute în exploatare arată că o creștere a temperaturii de la 0 la 40°C duce la o micșorare a lui μ. Acest coeficient este invers proporțional cu temperatura.

Dacă în relația (VII.3) se înlocuiește presiunea transmisă asupra fusului prin presiunea specifică, se obține :

$$L = \mu d l p v; \; v = \text{viteza periferică a fusului [m/s].} \qquad \text{(VII.4)}$$

În tabelul VII.6 sînt date valorile lui μ în funcție de u și p la o temperatură a uleiului $t = 25°C$ (pentru lagăre din metal alb cu ungere inelară).

Pentru o temperatură oarecare a uleiului se poate folosi relația :

$$\mu_t = \mu_{25} \frac{25}{t}. \qquad \text{(VII.5)}$$

VII.1.1.3. **Lagărele axiale.** Deoarece în instalațiile de protejare a aerului atmosferic funcționează o serie de aparate care folosesc astfel de lagăre, la acest punct s-a considerat necesar să se descrie pe scurt și modul de întreținere al acestora. Astfel de lagăre sînt prevăzute a prelua împingerile axiale. La ventilatoare împingerea axială este dirijată înspre partea de aspirație. La aspirația bilaterală simetrică nu există împingere axială.

Tabelul VII.6.
Variația coeficientului μ în funcție de presiunea și viteza periferică

u/μ [m/s]	p [kgf/cm²]				
	2,25	4	9	16	25
7,70	0,0573	0,0400	0,0210	0,0136	0,0112
4,03	0,0480	0,0355	0,0200	0,0128	0,0102
2,78	0,0390	0,0288	0,0168	0,0144	0,0091
1,39	0,0300	0,0215	0,0126	0,0085	0,0070

NOTĂ. Pentru valorile intermediare ale lui u și p coeficientul de frecare se determină prin interpolare.

Dacă F_a este forța de împingere axială, în kgf, μ — coeficientul de frecare; r — raza medie a inelului axial, în m, ω — viteza unghiulară de rotație a fusului axului, atunci rezultă:

Forța de frecare:

$$F_f = \mu F_a \ [kgf]. \qquad \text{(VII6)}$$

Lucrul mecanic de frecare:

$$w = \mu \omega r F_a \ [kgf.m]. \qquad \text{(VII.7)}$$

VII.1.1.4. **Dimensionarea lagărelor.** Din cele arătate anterior se știe că diametrul fusului arborelui se determină în funcție de mărimea momentului de torsiune transmis de la motor.

Lungimea cuzinetului l se alege din condiția:

$$p\,v = C \qquad \text{(VII.8)}$$

C este o mărime caracteristică pentru condițiile de funcționare a lagărului (v. tabelul următor), iar v — viteza periferică a fusului, în m/s.

Relația (VII.8) poate fi scrisă sub următoarea formă:

$$\frac{pv}{l\,d\,10^4} = C, \qquad \text{(VII.9)}$$

din care se poate deduce **lungimea cuzinetului,** adică:

$$l = \frac{pv}{C\,d\,10^4}\ [\text{cm}]\ ;\ d = \text{diametrul fusului [mm]}. \qquad \text{(VII.10)}$$

Din această relaţie rezultă că prin creşterea parametrului C lungimea cuzinetului se micşorează. O dată cu aceasta creşte presiunea specifică p [kgf/cm^2], dacă reacţiunea lagărului F [kgf] rămîne constantă şi, în general, condiţiile de funcţionare a lagărului se vor înrăutăţi. Pentru a uşura condiţiile de funcţionare a lagărului trebuie să luăm pe C cît mai mic.

Valorile lui C în diferite condiţii de funcţionare a lagărelor :

Pentru condiţii de funcţionare foarte uşoare	$C = 10.$
Pentru condiţii de funcţionare uşoare	$C = 20.$
Pentru condiţii de funcţionare obişnuite	$C = 40.$
Pentru condiţii de funcţionare grele	$C = 100.$
Pentru condiţii de funcţionare foarte grele	$C = 300.$

VII.1.15. **Determinarea debitului de ulei necesar pentru ungere**

Lucrul mecanic de frecare este echivalent cu cantitatea de căldură evacuată de ulei, adică :

$$Q_c = L, \qquad \text{(VII.11)}$$

în care constanta de proporţionalitate este echivalentul caloric al lucrului mecanic $\frac{1}{427}$ kcal/kgf·m, rezultînd :

$$Q_c = \frac{60\ L}{100 \times 427}\ [\text{kcal/min}]. \qquad \text{(VII.12)}$$

Deoarece căldura specifică a uleiului $k = 0{,}47$ kcal/kgf, iar recomandarea este ca uleiul utilizat pentru ungere cu temperatura t_1° să iasă din lagăr cu o temperatură de maximum t_2° **debitul de ulei necesar** se poate deduce astfel :

1) *În kgf/min :* $$Q_G = \frac{Q_c}{0{,}47\,(t_2^0 - t_1^0)}. \qquad \text{(VII.13)}$$

2) *În l/min :* $$Q_l = \frac{Q_G}{0{,}88}. \qquad \text{(VII.14)}$$

0,88 este greutatea specifică a uleiului, în kgf/l.

La aparatele pentru aspiraţia gazelor arse arborele transmite căldura gazelor fierbinţi uleiului. În acest caz pentru determinarea cantităţii de căldură transmisă de ulei trebuie să se ţină seama

şi de transmiterea de căldură prin intermediul fusului arborelui.

Dacă temperatura limită a uleiului nu trebuie să depăşească 50°C, atunci debitul de ulei transportat de inelele de ungere spre fusul arborelui trebuie sporit.

VII.1.2. RULMENŢII ŞI ÎNTREŢINEREA LOR

Ungerea rulmenţilor are următoarele scopuri : ● *micşorarea frecării ;* ● *micşorarea uzurii ;* ● *prevenirea ruginirii pe suprafeţele lustruite ale oţelului ;* ● *uşurarea deplasării laterale a unuia din inele (acolo unde este necesar).*

Întrucît uzura prematură a rulmenţilor este provocată cel mai des de către substanţe străine care intră în lubrifianţi (nisip, praf, ciment etc.), este necesar să se verifice înainte de ungere dacă lubrifiantul respectiv este perfect curat. În afară de aceasta, se insistă din nou ca lubrifianţii să fie neutri din punct de vedere chimic (adică să nu conţină acizi sau substanţe alcaline care ar putea cauza ruginirea sau deteriorarea suprafeţelor de oţel lustruite). De asemenea, lubrifianţii nu trebuie să conţină gudron.

Pentru a se verifica dacă lubrifianţii nu conţin acizi, se va proceda astfel : ● *se amestecă aproximativ 10 cm³ din lubrifiantul respectiv cu o cantitate dublă de apă distilată fierbinte şi se adaugă cîteva picături de metiloranj ;* ● *dacă apare o culoare roşie aprinsă, înseamnă că lubrifiantul conţine acizi minerali liberi şi nu este bun pentru rulmenţi.*

Pentru identificarea substanţelor alcaline din lubrifianţi se va proceda astfel : ● *se amestecă aproximativ 10 g din lubrifiantul respectiv cu 30 cm³ de apă distilată fierbinte, după care se adaugă 20 cm³ de alcool pur şi se agită bine întregul amestec ;* ● *dacă după ce se adaugă cîteva picături de fenolftaleină lichidul capătă culoare roşie, lubrifiantul nu trebuie utilizat.*

Pentru determinrea gudronului în unsoarea consistentă se poate proceda astfel : ● *se dizolvă într-o eprubetă o cantitate de ≈ 1—2 g în acid acetic şi se adaugă o picătură de acid sulfuric cu densitatea de 1,5 g ;* ● *dacă există gudron, soluţia se colorează în roşu-violet, deci unsoarea nu trebuie utilizată.* Prezenţa unei cantităţi mai mari de gudron în unsoare se poate constata şi după miros.

Viscozitatea unui ulei bun la temperatura de 20°C trebuie să fie 8—15° Engler. El trebuie să fie cu atît mai fluid, cu cît este mai mare viteza de rotaţie a rulmenţilor. Unsoarea consistentă tre-

buie să aibă o frecare interioară mică și un punct de topire de cel puțin 70—90°C pentru ca în timpul funcționării să nu devină prea fluidă și să nu se scurgă prea repede din rulment. Unsoarea minerală pură (vaselina) este din această cauză mai puțin recomandabilă deoarece se topește la aproximativ 30°C. La utilizarea unsorii consistente trebuie să se verifice cu atenție lipsa gudronului, deoarece el întărește definitiv unsorile după un timp scurt, provocînd griparea rulmenților și deci distrugerea lor.

Deoarece la ungerea rulmenților consumul de lubrifiant este neînsemnat, se vor utiliza exclusiv numai cei de calitate superioară.

Dacă temperatura în rulmenți se ridică pînă la 50°C sau mai mult, este recomandabil a se prefera uleiul mineral, atît din cauza vitezei mari, cît și din cauza căldurii din exterior (în cazul aspiratoarelor de gaze arse). Trebuie verificat ca la temperatura din rulment viscozitatea lubrifiantului (uleiului) utilizat să nu fie mai mare de 6—7° Engler, iar nivelul să coincidă cu centrul celei mai joase bile. În cazurile în care există posibilitatea ca în rulmenți să pătrundă praf, umezeală etc., este recomandabil să se prefere ca lubrifiant unsoarea consistentă. Dacă se utilizează acest procedeu, corpul rulmentului trebuie umplut în întregime cu unsoare, care datorită garniturii respective protejează cuzinetul de murdărire. În mod normal (în afara cazurilor speciale) lubrifiantul se schimbă, de obicei, de două ori pe an.

În general întreținerea rulmenților este foarte simplă și puțin pretențioasă. După cîteva săptămîni de la data cînd rulmentul a început să funcționeze, se recomandă verificarea lui pentru a se vedea dacă piulițele nu s-au slăbit sau dacă nu a apărut rugină. Se va verifica continuu și se va îndepărta praful sau impuritățile care se depun în timpul exploatării.

Termenele reviziilor curente depind de condițiile locale ale fiecărei instalații (viteză, sarcină, dispozitive de ungere etc.), precum și de atenția cu care s-a executat montajul și s-au respectat instrucțiunile respective. De aceea este greu de a se stabili reguli generale. Dacă un rulment este montat corect și este bine întreținut el poate funcționa 6—12 luni (funcție de locul de lucru).

Dacă la verificare se constată că în rulment a apărut rugina și aceasta prezintă pericolul deteriorării bilelor și a inelelor, rulmentul trebuie demontat complet și verificat cu cea mai mare atenție. Cu ajutorul benzinei se îndepărtează toate urmele de lubrifiant. Inelul exterior se rotește așa cum se arată în fig. VII.1 și se verifică bilele și căile de rulare de pe inelul exterior. Dacă

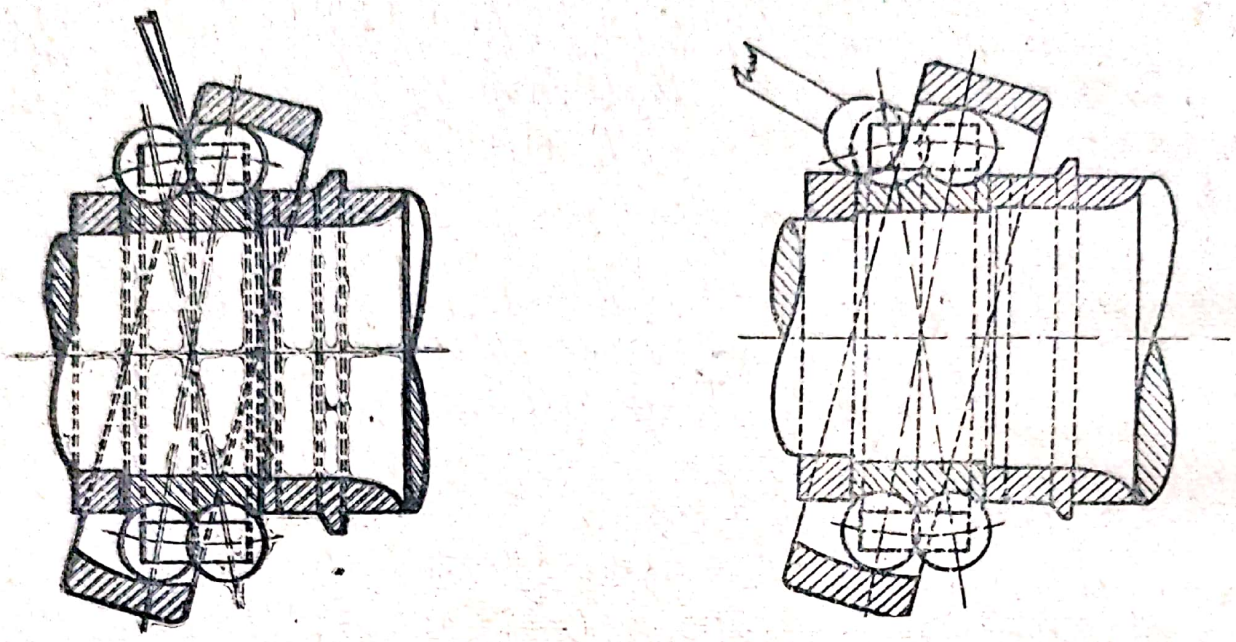


Fig. VII.1. Scoaterea și introducerea bilelor în rulment.

vreuna din bile este stricată, toată seria de bile trebuie înlocuită. Înlocuirea unor bile izolate este permisă în mod excepțional cînd se dispune de aparate foarte precise (minimetre) pentru măsurarea diametrelor bilelor, cu precizia pînă la 0,001 mm, deoarece abaterile pot fi admise numai în aceste limite.

Pentru scoaterea bilelor vechi se utilizează cel mai bine un vîrf ascuțit din cupru sau alamă (v. fig. VII.1). După ce s-au scos toate bilele se eliberează colivia pentru verificarea căilor de rulare de pe inelul interior. Dacă acestea nu au nici un defect, se poate asambla din nou rulmentul cu o serie nouă de bile. În acest timp inelul exterior trebuie să rămînă deplasat. Bilele se introduc de asemenea cu un vîrf ascuțit dintr-o parte (v. fig. VII.1). Primele bile se pot monta cu mîna, iar celelalte așezate la locul lor, lovindu-le ușor cu un obiect de lemn.

Dacă inelul interior are defecte, trebuie înlocuit tot rulmentul.

Funcționarea rulmentului cu bile se poate verifica pînă la un anumit grad, după auz. Pentru aceasta se apropie urechea de mînerul unei șurubelnițe care se sprijină cu vîrful pe corpul rulmentului. Dacă se aud lovituri se poate presupune că una sau mai multe bile s-au sfărîmat. Dacă se aud fluierături înseamnă că rulmentul nu este uns suficient.

Pilitura, nisipul sau praful formează zgîrieturi pe rulment, iar rugina provoacă zgomot din cauza rostogolirii bilei pe o suprafață neregulată.

Pentru interpretarea zgomotelor auzite este necesară o anumită practică. Dacă se aude unul din zgomotele descrise mai înainte, rulmentul respectiv trebuie verificat imediat.

Înainte de a demonta rulmentul, se poate încerca spălarea lui cu benzină și umplerea din nou cu lubrifiant. Uneori această măsură este suficientă pentru o funcționare fără zgomot. Rulmenții asamblați corect și cu grijă funcționează îndelungat și în cele mai grele condiții de lucru.

Temperatura rulmenților în timpul funcționării nu trebuie să depășească 50—60°C.

La instalațiile de aspirație care deplasează gaze arse de la cazane la o temperatură de 150—200°C, arborele aparatului se încălzește și poate transmite căldura lui la rulment. În această situație temperatura rulmentului va depăși limita prescrisă de 50—60°C.

Pentru a se evita supraîncălzirea rulmenților, aceștia se montează în corpuri de lagăre răcite cu apă (fig. VII.2). În condiții de ex-

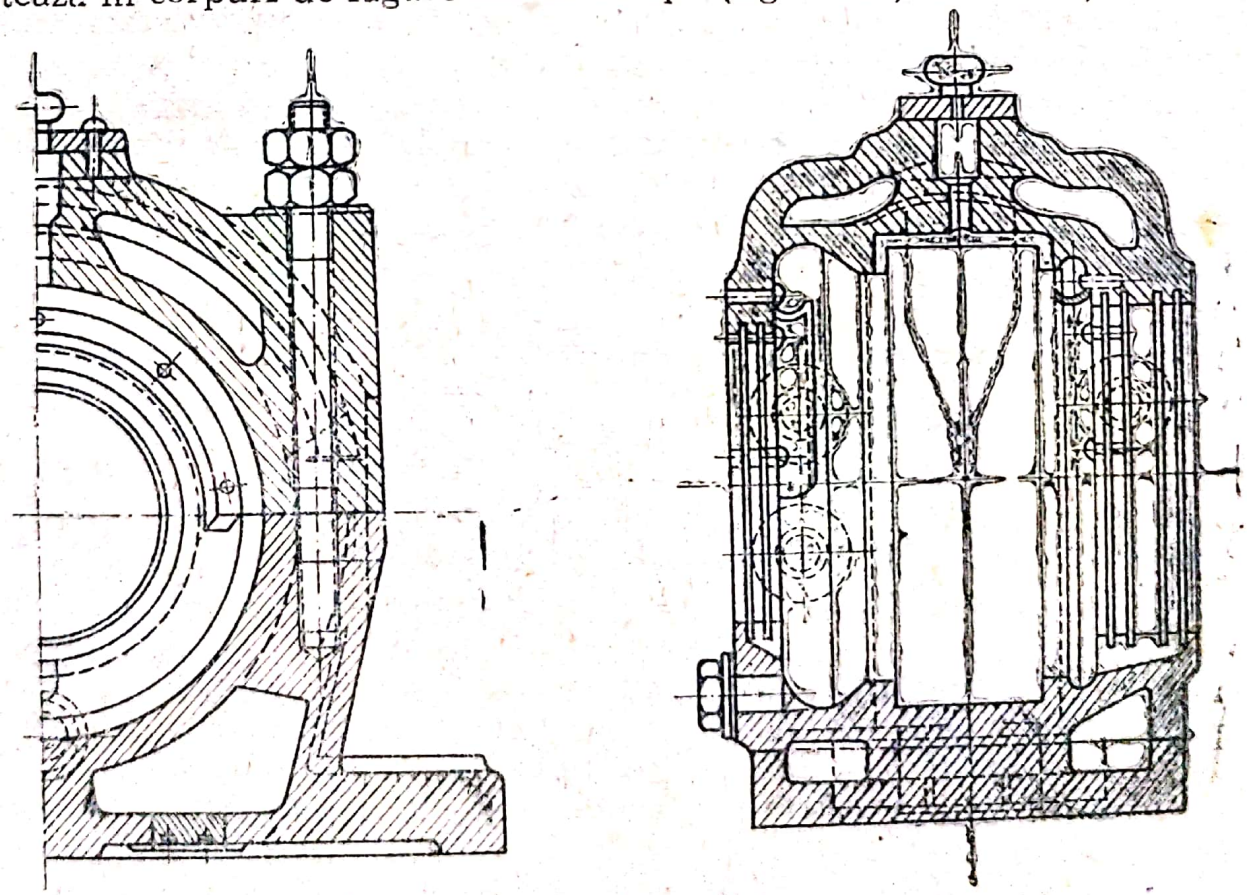


Fig. VII.2. **Corpul unui rulment răcit cu apă.**

ploatare, un asemenea corp de lagăr a dat rezultate foarte bune la numeroase instalații de aspirație. Utilizarea acestui tip de rulment trebuie preferată lagărelor obișnuite de alunecare (de exemplu lagărele cu ungere inelară și cu compoziție) din cauza pierderilor mecanice mai mici și randamentului mai mare al agregatului.

VII.2. ÎNTREȚINEREA CANALELOR ȘI CONDUCTELOR

În afară de cele arătate în capitolele precedente (recepția și exploatarea), în continuare se vor completa recomandările, făcîndu-se referiri la operația de întreținere propriu-zisă a acestor părți din instalațiile de protejare a aerului atmosferic, adică la acele măsuri care să le mențină în permanență în stare perfectă de funcționare.

Prima măsură care trebuie luată este întreținerea protejării lor contra agenților din mediul în care lucrează.

La preluarea instalațiilor, în mod normal sînt efectuate deja toate măsurile de protejare a conductelor și canalelor, dar pe durata exploatării pot apărea (lucru foarte frecvent) abateri de la aceste măsuri, datorită mai multor factori (execuție necorespunzătoare, neglijarea gradului de corosivitate din mediul în care sînt montate conductele sau canalele, acțiuni ale coroziunii interioare etc.), deteriorări parțiale care trebuie remediate imediat de către personalul de întreținere. Executarea acestor remedieri nu este complicată și poate fi efectuată cu mijloace proprii de acest personal.

VII.2.1. MIJLOACE DE PROTEJARE.

Scopul acestor operații este de a astupa neregularitățile și în special obținerea unui strat de protecție împotriva coroziunii și ruginirii. În afară de aceasta, ca urmare a operației de acoperire conductele (în mod special) capătă și un aspect estetic plăcut.

Mijloacele de protejare utilizate cel mai frecvent la astfel de operații sînt :

1) *Chiturile* sînt materiale vîscoase care se aplică fie direct pe suprafața de protejat, fie peste un prim strat de grund aplicat anterior. Chiturile se fabrică pe bază de ulei sau lacuri speciale, necorosive, cu adaosuri de pigmenți, astfel ca să devină consistente și să poată fi aplicate ușor pe părțile metalice. Cele mai utilizate chituri sînt : ● pentru etanșare, pe bază de miniu de plumb și glicerină ; ● rezistente la apă, obținute din cauciuc sau

rășini dizolvate în alcool și sulfură de carbon ; ● rezistente la căldură, obținute din ulei de in fiert, oxizi metalici, grafit, praf de var etc. ; ● pentru fixare pe pînze metalice, în piatră, beton, porțelan etc.

2) *Vopselele* sînt amestecuri lichide de pigmenți minerali și diferiți lianți ca : apă, uleiuri, soluții de rășini naturale sau sintetice etc. Se disting : ● vopsele de apă (care nu se vor utiliza la exterior deoarece sînt spălate de ploi) ; ● vopsele de ulei care se utilizează pentru protejarea contra coroziunii și umezelii.

3) *Lacurile* sînt soluții de rășini naturale sau sintetice, ori de bitum, în solvenți cu sau fără adaos de ulei. Lacurile sînt incolore sau slab colorate și după uscare dau o peliculă cu luciu puternic, mai rezistentă decît luciul vopselelor. Se disting : ● lacuri pe bază de ulei, pe bază de rășini, pe bază de derivați celulozici ; ● lacuri de spirt ; ● lacuri de asfalt ; ● lacuri combinate.

4) *Emailurile* sînt lacuri care conțin în suspensie pigmenți minerali sau organici, cu sau fără adaosuri de umplutură. După uscare emailurile dau pelicule acoperitoare foarte lucioase, dure și opace.

În ultimul timp protejarea conductelor și a părților exterioare ale aparatelor se face prin **acoperiri metalice.** Astfel de acoperiri se pot realiza prin diferite metode ca : ● *acoperiri electrolitice (galvanizare)* ; ● *placare* ; ● *cufundare în metal topit* ; ● *pulverizare (metalizare)* ; ● *difuziune* etc.

Oricare ar fi însă procedeul de aplicare a acoperirilor metalice, este absolut necesar să se realizeze un strat de protecție fără porozități sau fisuri, acest strat să adere bine la suprafața metalului protejat și să nu se desprindă în urma unor acțiuni mecanice sau termice. De aceea, înainte de aplicarea stratului de protecție, se pregătește în prealabil suprafața metalului prin diferite procedee (sablare, polizare, rectificare, frecare cu perii de sîrmă etc.), după care prin procedee chimice se realizează degresarea suprafeței. După această operație se spală cu apă caldă și se usucă.

Din toate procedeele de acoperiri metalice arătate, cel asupra căruia se va insista este *metalizarea,* deoarece celelalte procedee se aplică în mod curent la foile de metal sau la piese executate în ateliere speciale, pe cînd metalizarea se face de obicei după executarea instalațiilor și montarea aparatelor. Acoperirea prin metale constă în pulverizarea metalului de protecție topit, în particule foarte fine pe suprafața dorită a fi protejată, cu ajutorul unui jet de aer comprimat, sub presiune, sau gaz inert. Particu-

lele, lovind suprafața părții care trebuie acoperită, aderă la aceasta și formează un strat metalic protector.

Procedeul este utilizat la acoperiri de protecție ale conductelor, aparatelor și agregatelor care lucrează în aer liber, cît și la rezervoare metalice mari, construcții metalice de susținere a aparatelor etc.

Pentru acoperiri prin pulverizare se folosesc: ● *zincul*; ● *cuprul*; ● *aluminiul* etc. Operația se execută cu ajutorul unor dispozitive speciale, acționate în general manual și care funcționează prin topire cu flacără oxiacetilenică sau arc voltaic (fig. VII.3). Modul de funcționare este următorul: prin conductele *1* și *2* se introduce acetilena și respectiv oxigenul, care se amestecă în camera *3* și împreună ajung la arzătorul *4*. Flacăra de la capătul arzătorului topește sîrma metalului protector *5*, iar stropii formați prin topire sînt proiectați cu putere pe suprafața care trebuie protejată de către jetul de aer trimis sub presiune prin conducta *6*. Dispozitivul se ține la o distanță de 10—15 cm de suprafața care se acoperă prin pulverizare, pentru ca forța de proiectare a picăturilor de metal topit să fie maximă.

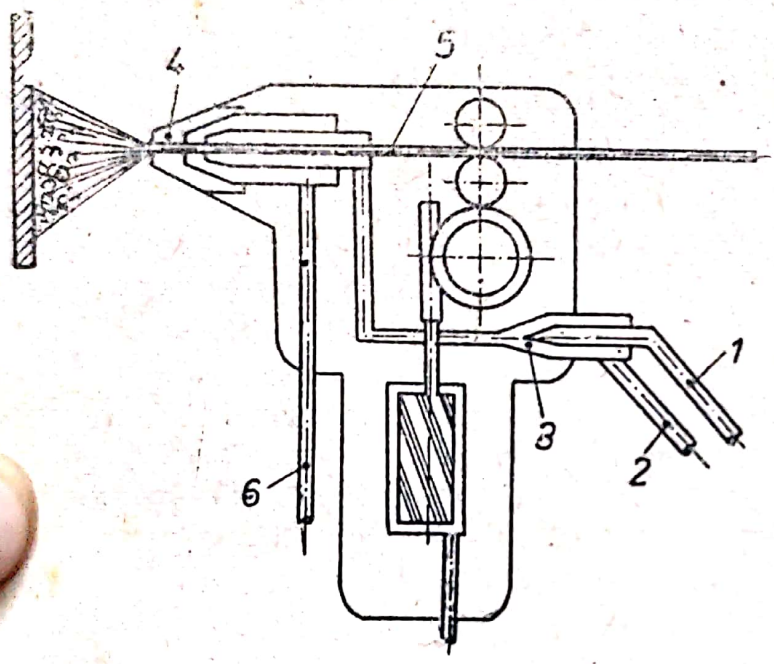


Fig. VII.3. **Schema unui aparat de metalizat.**

Pentru a se îmbunătăți aderența stratului de acoperire, se procedează la încălzirea prealabilă a suprafeței respective pe care dorim s-o metalizăm.

Protejarea părților metalice contra ruginirii și coroziunii se mai poate realiza și prin acoperiri nemetalice și anume:

1) *Acoperirea cu unsori anticorosive* care se face după ce în prealabil suprafața metalului a fost curățată cu grijă. Unsorile anticorosive se prepară pe bază de uleiuri minerale în care se introduc diferite adaosuri (parafină, săpunuri, cerezimă etc.) în scopul măririi viscozității și aderenței (de exemplu, la acoperirea pie-

selor din oțel se folosește o unsoare care conține 75% ulei de mașini, 20% vaselină tehnică și 5% colofoniu).

2) *Acoperirea cu vopsele și lacuri* este de asemenea un procedeu de protecție des utilizat la instalațiile de protejare a aerului atmosferic și constă din vopsirea suprafețelor metalice și nemetalice (conducte, aparate, construcții metalice etc.) cu vopsea pe bază de miniu de plumb, iar după uscarea acestuia se aplică un strat de vopsea sau lac (vopsele pe bază de nitroceluloză, lacuri de celuloid, lacuri și vopsele pe bază de rășini etc.)

3) *Acoperirea cu email antiacid* se aplică de asemenea la conducte mari, aparate mari, piese de îmbinare, filtre, răcitoare, coloane de umplutură, cicloane etc. Emailul antiacid se obține la o temperatură înaltă din nisip, feldspat și fondanți (borax, potasă, fluorină etc.), avînd o compoziție care se determină de obicei experimental în funcție de solicitările la care urmează să fie supus. După răcire se macină și se aplică un strat subțire pe suprafața care urmează a fi protejată, în două etape : un strat de email de grund și un strat de email de acoperire, grosimea lor totală fiind de 0,6 — 1 mm.

Protejarea exterioară a conductelor trebuie întreținută continuu și nu numai atunci cînd se deteriorează anumite părți. Această protejare trebuie executată după un ciclu anumit și în funcție de agresivitatea mediului în care lucrează conductele sau canalele. Acest ciclu este mai lung sau mai scurt fiind, de asemenea, în funcție de modul cum au fost protejate conductele (metalizare, vopsire, emailare etc.). Cînd se reface protejarea este absolut interzis a se aplica noul strat peste cel existent, ci acesta trebuie curățat complet și numai după aceea se aplică stratul nou.

VII.2.2. ETANȘEITATEA ÎNTRE TRONSOANELE CONDUCTELOR

Aceasta este de asemenea de o importanță mare în instalațiile de protejare a aerului atmosferic, etanșeitate care este realizată cu ajutorul garniturilor. Deși la preluarea acestora etanșeitatea este verificată, în timpul exploatării garniturile se deteriorează și ele trebuie neapărat înlocuite de către personalul de întreținere, fie cu ocazia reviziilor generale, fie înainte de acestea atunci cînd situația o necesită. Întrucît materialele utilizate la etanșări pot diferi de la o instalație la alta (în funcție de mulți factori), în continuare se vor descrie cele mai des întîlnite și modul

lor de folosire, pentru ca personalul de întreţinere să le poată utiliza la momentul oportun şi la locul corespunzător.

În cele mai multe cazuri operaţiile de etanşare se fac folosind garnituri gata fabricate, procurate din comerţ de la firmele de specialitate. Sînt adesea cazuri cînd garniturile necesare nu se găsesc curent în comerţ şi ele trebuie confecţionate în atelierele de întreţinere proprii ale întreprinderilor. Datorită acestui fapt se consideră că o succintă descriere a modului cum trebuie procedat, atît la executarea acestor garnituri, cît şi la alegerea materialului corespunzător, este necesară.

La tăierea garniturilor (fig. VII.4) se folosesc diferite scule (foarfeci, dălţi, dispozitive speciale etc.). Aparatul este prevăzut cu două role de tăiere *1*, montate pe cursoarele *2*, care se pot fixa cu şuruburile *3* la distanţele dorite (R_i — raza interioară ; Re — raza exterioară) pe rigla gradată *4*. Dispozitivul are un con de antrenare *5*, care se poate fixa în axul principal al unei maşini de găurit. Pentru centrarea dispozitivului se foloseşte vîrful de centrare *6*, care este presat de arcul *7*.

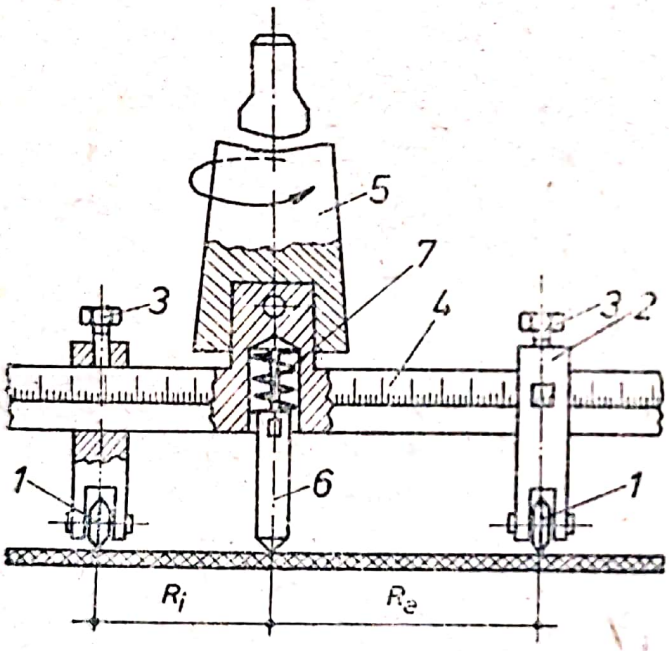


Fig. VII.4. **Schema unui dispozitiv de tăiat garnituri inelare.**

Alegerea materialului şi a tipului de etanşare se face ţinînd seamă de natura, presiunea şi temperatura fluidului, tipul îmbinării în care se introduce garnitura de etanşare, periodicitatea demontării etc.

Materialele folosite în mod obişnuit la garnituri sînt :

1) *Cauciucul,* care se utilizează în cazul fluidelor reci (pînă la 50°C) şi la joasă presiune şi în special pentru garniturile folosite la conductele de apă. Garniturile se fabrică din plăci, cu sau fără inserţii (pînză, sîrmă), sub diferite forme (inele, şnur, manşoane etc.). Cele care se găsesc în comerţ gata confecţionate sînt obţinute prin turnare în matriţe speciale şi vulcanizate.

2) *Pielea* tăbăcită cu substanţe minerale şi prelucrată pe ambele părţi. Ea trebuie să fie foarte densă (piele de toval) şi uniformă ca grosime. Garniturile din piele se folosesc de asemenea la îmbinări care lucrează la temperaturi joase (pînă la 70°C), dar presiuni înalte. Ele se utilizează în special la conductele de ulei şi de păcură, deoarece pielea îmbibată cu ulei sau păcură devine foarte durabilă.

3) *Cartonul* sau *preşpanul* folosit pentru garnituri trebuie să aibă grosimea sub 5 mm, să fie neted, lucios şi bine presat, astfel încît să nu se desfacă în straturi la tăierea cu cuţitul. Garniturile de carton trebuie în prealabil muiate în apă şi presărate cu grafit mărunt şi apoi bine strînse între flanşele de îmbinare pentru aderare uniformă şi sigură.

Garniturile din preşpan se utilizează în special la conductele de apă. Grosimea acestor garnituri este de obicei de 1,5 — 2 mm. La conductele care lucrează sub presiuni înalte se folosesc garnituri de preşpan îmbibate sau fierte în ulei, ori unse cu şerlac. Atît garniturile din carton, cît şi cele din preşpan, nu se utilizează la temperaturi înalte.

4) *Cînepa, iuta, inul* impregnate cu seu sau pastă antifricţiune se pot folosi pînă la temperaturi de 100°C şi presiunea de 160 kgf/cm^2, pentru etanşarea armăturilor la conducte prin care circulă apă, păcură, aer comprimat, gaz. Împletiturile din fire de in sau cînepă trebuie să fie formate din fire moi, netede, uscate şi fără urme de mucegai. Fibrele trebuie să fie lungi, bine dărăcite şi de culoare galben deschis. Se folosesc sub formă de împletituri plate, îmbibate cu un amestec de ulei fiert sau miniu. Se folosesc de asemenea sub formă de şnur cu un toron sau mai multe. Secţiunea şnurului poate fi pătrată, cu latura de 8—50 mm, sau rotundă cu diametrul de 4—50 mm.

5) *Hîrtia de mucava* se foloseşte la etanşarea conductelor de aer fără impurităţi. Se recomandă să fie îmbibată în prealabil cu ulei de in.

6) *Pîsla din lînă* se utilizează sub formă de inele pentru presetupe, inele pentru etanşarea rulmenţilor etc.

7) *Ţesăturile* folosite la etanşări sînt pînza şi docul care de obicei se îmbibă şi se acoperă cu un strat gros de miniu. Garniturile din ţesături îmbibate cu miniu se întrebuinţează la îmbinări de durată mai mare.

8) *Azbestul* este un material cu structură fibroasă de culoare albă cenuşie, foarte rezistent la temperaturi ridicate şi la acţiunea acizilor. Se utilizează sub formă de şnur din fibre de azbest

și fibre textile organice, cu secțiunea rotundă sau pătrată (diametrul sau latura de 2—50 mm). Se folosesc la conducte în care circulă fluide cu presiuni mari (20—200 at) și la temperaturi ridicate (100 — 400°C).

Azbestul se mai utilizează în garnituri și sub formă de plăci cauciucate și vulcanizate (clincherit), plăci confecționate din fibre de azbest, cauciuc și armătură interioară din plasă metalică (paronit), țesătură din fire de azbest și sîrmă subțire de oțel sau de alamă. Garniturile de azbest se ung cu sticlă solubilă sau cu miniu de plumb.

9) *Materialele plastice* (din grupul termoplastelor) se folosesc pentru confecționarea garniturilor de etanșare ținîndu-se seama de rezistența lor la anumiți agenți corosivi și la anumite temperaturi.

10) *Pasta Phoenix* este un înlocuitor pentru materialele de garnituri la presiuni și temperaturi mici, în special la gurile de vizitare a canalelor. Pe suprafețele brut prelucrate, pasta se aplică pe una din fețele de etanșare într-un strat de 5 mm grosime. În cazul în care suprafețele sînt netede, pasta se aplică pe ambele părți ale unei site (1—2 găuri/cm^2). Pasta care se scoate la revizii sau reparații se poate folosi din nou adăugîndu-se 15—25% pastă proaspătă.

11) *Metalele* folosite pentru confecționarea de garnituri sînt cuprul, alama, plumbul și aliajele antifricțiune. Garniturile din cupru sînt confecționate din tablă cu grosimea pînă la 2 mm și se utilizează la îmbinările des demontate. Se folosesc pînă la temperaturi de 600—700°C. Acest fel de garnituri, cît și cele din alamă, se utilizează sub formă de plăci sau inele.

Garniturile din plasă de alamă sînt utilizate la îmbinările care se demontează foarte rar și se așază de obicei pe un strat de miniu care se întărește la temperaturi înalte.

Garniturile din plumb se fac din sîrmă de plumb cu diametrul de 1,5 — 2 mm și se utilizează la îmbinările conductelor de apă cu diametre mici. Se confecționează și din tablă de plumb în grosime de 2 — 2,5 mm la conducte în care circulă fluide cu temperaturi pînă la 150°C.

Aliajele antifricțiune se utilizează ca materiale de etanșare la presetupele care etanșează conductele la pompele de apă. Garniturile pentru presetupe la pompele de apă se confecționează din cînepă cenușie cu fibre lungi și se îmbibă cu seu și o masă antifricțiune (praf de grafit etc.). În tabelul VII.7 sînt date unele garnituri pentru presetupe.

Tabelul VII.7. **Garnituri de presetupă**

Denumirea garniturii	Fluidul	Valori maxime	
		Presiunea [at]	Temperatura [°C]
Cînepă cenușie cu seu	Apă	65	100
Cînepă neagră cu seu	Apă, produse petroliere	65	100
Talc cu seu grafitat	Apă, abur saturat	3	130
Azbest cu seu grafitat	Idem	4—25	140—225
Azbest cu seu grafitat cu miez metalic	Idem	25—50	265

Confecționarea inelelor din garnitură pentru presetupe se face tăindu-le cu un cuțit ascuțit pentru a nu se resfira fibrele. Tăietura trebuie să formeze cu suprafața de etanșare un unghi de 30-45°. Umplutura presetupei trebuie să conțină mai multe inele. Capetele unui inel trebuie să fie decalate față de capetele inelului alăturat cu 90°.

Montarea garniturilor se face astfel : ● *grosimea garniturilor* trebuie să fie egală cu distanța dintre tijă și pereții bucșei sau mai mare cu 10% ; ● *jocul dintre tijă și bucșa de bază* trebuie să fie de cel puțin 0,5 mm și cel mult 0,8 mm ; ● *jocul dintre pereții bucșei de bază și cei ai bucșei de strîngere* trebuie să fie de cel mult 1 mm ; ● *Între inelele de garnitură* se presară un strat de circa 5 mm grosime de grafit ; ● *așezarea inelelor în presetupă* se face cu o sculă care nu strică tija ; ● *strîngerea garniturilor* trebuie să se facă atent și uniform pe întreg perimetrul ; ● *în presetupă se introduc atîtea inele încît, în stare strînsă inițială, garniturile să intre în presetupă cel mult 5 — 10 mm.*

Pentru orientarea personalului de întreținere a instalațiilor de protejare a aerului atmosferic, în tabelul VII.8 sînt date limitele de folosire a materialelor despre care s-a vorbit mai înainte pentru garnituri de etanșare.

Periodic, în funcție de specificul instalației, conductele și canalele trebuie curățate și verificate la interior prin intermediul gurilor de vizitare. Porțiunile uzate din cauza coroziunilor trebuie înlocuite. La conductele care transportă fluide cu temperaturi ri-

Tabelul VII.8.

Limitele de folosire a unor materiale pentru garnituri de etanşare

Denumirea materialului	Presiunea de regim	Temperatura de regim [°C]	Grosimea garniturilor [mm]	Observaţii
A. Garnituri pentru apă				
Pînză	1,5	50	—	Cu miniu de plumb sau alb de zinc
Ţesătură de cînepă	3,0	40	2—6	
Cauciuc	3,0	40	4—6	Pînă la diametre de 500 mm. La diametre mai mari, cauciuc cu sită metalică
Cauciuc cu inserţie de pînză	6,0	60	3	
Cauciuc cu sită metalică	10,0	80	3—4	
Carton tehnic din cîrpe	16,0	100—200	3	Pentru garnituri provizorii la probe hidraulice pînă la 50 at şi 50°C
Pastă „Phoenix"	16,0	200	—	
Idem, cu inserţie	25,0	40	—	
Garnituri inelare din cupru	35,0	—	—	
Paronit	50,0	Nelimitat	1—2	
Paronit vulcanizat	75,0	—	1—2	
B. Garnituri pentru gaze şi aer				
Azbest	1,5	650	4	Sub toate formele (şnur plăci, împletituri etc.) în funcţie de situaţia respectivă
Paronit	50,0	Nelimitat	1—2	
Clingherit	10,0	400	1—2	

dicate trebuie controlată continuu starea izolaţiei termice şi înlocuite părţile deteriorate.

VII.3. ÎNTREŢINEREA APARATELOR DE EPURARE

Atît din cele arătate anterior, cît şi din practică, aparatele care intră în componenţa instalaţiilor de protejare a aerului atmos-

feric sînt foarte variate, atît din punct de vedere constructiv, cît și al concepției. A descrie întreținerea fiecărui model și tip în parte, este imposibil în lucrarea de față și de aceea în continuare se vor face recomandări pentru întreținerea aparatelor de epurare mai des întîlnite.

În general, în ceea ce privește întreținerea, fiecare aparat trebuie să aibă instrucțiunile de întreținere date de firmele constructoare, instrucțiuni care trebuie respectare integral. Personalul însărcinat cu întreținerea nu are voie sub nici un motiv de a ignora aceste instrucțiuni, fiind făcut răspunzător de urmările acestora.

În afară de aceste instrucțiuni însă, în cursul exploatării apar o serie de factori de care trebuie să se țină seama pentru buna funcționare a aparatelor, factori care nu pot fi prevăzuți în instrucțiunile date de constructor. Ca urmare, atenția va fi îndreptată asupra măsurilor care vor trebui luate de personalul de întreținere în acest scop.

VII.3.1. CICLOANELE ȘI MULTICICLOANELE

Întrucît majoritatea acestor aparate sînt confecționate din metal, prima măsură care trebuie luată este contra coroziunii și eroziunii.

Personalul de întreținere va urmări: ● *completarea acoperirilor deteriorate (vopsea, metalizare, emailare etc.)*; ● *completarea izolației termice (la acele aparate care epurează fluide calde), pentru a evita condensurile sau mărirea gradului de umiditate în interiorul aparatului*; ● *starea garniturilor la racordarea cu conductele de aducțiune și evacuare a fluidului de epurat și epurat (înlocuirea acestora cînd nu mai sînt corespunzătoare)*; ● *gradul de eroziune la interior pentru a se evita spărturi în manta sau depuneri din cauza acestor eroziuni*; ● *menținerea protecției contra coroziunii și ruginii a construcției metalice care susține aparatul, prin completarea părților deteriorate*; ● *curățirea de zăpadă, polei, gheață, a scărilor de acces în timpul iernii, pentru a se evita accidente în cazul unor intervenții pentru control și reparații*; ● *curățirea de praf a microcicloanelor înfundate (multicicloane)*; ● *acoperirea eventualelor crăpături exterioare (la cicloanele din beton armat) cu chituri corespunzătoare (cu o bună aderență și anticorosive) și acoperirea acestora cu materialul inițial de protecție*; ● *verificarea, strîngerea șuruburilor de asamblare și înlocuirea celor uzate, atît la aparat cît și la asamblarea*

acestuia cu conductele respective ; ● *executarea reviziilor periodice conform planului de întreţinere al instalaţiei respective.*

VII.3.2. FILTRELE CU ŢESĂTURI

Întreţinerea acestor aparate este ceva mai pretenţioasă, deoarece însăşi construcţia şi concepţia lor este mai complicată.

Menţinerea filtrelor de ţesături în continuă şi bună stare de funcţionare este legată de : ● *ungerea cu lubrifianţi a tuturor părţilor în mişcare conform prevederilor din instrucţiunile de întreţinere date de firma furnizoare ;* ● *schimbarea tuburilor (sacilor, mînecilor) textile care s-au deteriorat (spart, rupt, putrezit etc.) cu altele noi conform caracteristicilor respective şi verificarea continuă a fixării lor pe suporţi ;* ● *menţinerea periodicităţii ciclului de curăţare a compartimentelor respective şi funcţionarea în bune condiţii a dispozitivului respectiv ;* ● *curăţirea interioară de depuneri pentru a nu se reduce secţiunea de circulaţie a fluidului de epurat ;* ● *verificarea şi schimbarea garniturilor care nu mai corespund (deteriorare, îmbătrînire, coroziune etc.) la punctele de asamblare cu conductele de aducere şi evacuare a fluidului de epurat şi respectiv epurat ;* ● *verificarea şi strîngerea şuruburilor la flanşele de asamblare şi înlocuirea celor uzate ;* ● *verificarea şi strîngerea şuruburilor la părţile de asamblare a carcasei filtrului şi înlocuirea celor uzate ;* ● *curăţirea periodică de praf a aparatului la exterior ;* ● *completarea părţilor de protejare deteriorate contra ruginii şi coroziunii cu materialul respectiv, a carcasei aparatului, a conductelor şi a construcţiei metalice de susţinere a acestuia ;* ● *curăţirea şi ungerea rulmenţilor de la lagărele motorului de antrenare a dispozitivului de scuturare, ştergerea lui de praf şi verificarea măsurilor de protejare contra ruginii şi coroziunii acestuia ;* ● *verificarea şi curăţirea legăturilor dintre instalaţiile electrile ale filtrului şi reţeaua de alimentare cu curent electric pentru a se evita scurtcircuite din cauza depunerii prafului în elementele de contact (şaltere, reostate etc.) şi evitarea unor accidente legate de protecţia şi securitatea muncii ;* ● *executarea operaţiilor de revizie periodică şi generală conform instrucţiunilor date de furnizor şi de planul de revizie a instalaţiei de epurare şi a întreprinderii ;* ● *respectarea planului de reparaţie generală.*

La filtrele speciale care funcţionează după acest principiu se vor respecta în afară de recomandările de mai înainte, instrucţiunile date de către firmele furnizoare la livrare, instrucţiuni care trebuie neapărat să se afle la îndemîna personalului de întreţinere şi să fie bine cunoscute de acesta.

VII.3.3. FILTRELE ELECTRICE

Acest fel de filtre au forme constructive foarte variate și ele lucrează folosind tensiunea înaltă, deci întreținerea lor impune un personal cu o înaltă calificare profesională.

Operațiile principale care trebuie să fie în atenția acestui personal sînt următoarele: ● *să verifice în permanență dacă legăturile electrozilor de depunere la pămînt sînt în stare perfectă și permit scurgerea curentului;* ● *să controleze în permanență toate legăturile electrice ale aparatului cu rețeaua de alimentare pentru a evita scurtcircuite în aparat din cauza depunerilor de praf și accidente în ceea ce privește protecția și securitatea muncii;* ● *să curețe în mod periodic depunerile (praf, funingine etc.) pe suprafața izolatorilor, atît în interior, cît și în exterior, în scopul evitării străpungerilor;* ● *întreținerea în perfectă stare de funcționare a dispozitivului de scuturare și menținerea periodicității scuturării;* ● *întreținerea în bună stare a etanșeității aparatului cu conductele de aducere a fluidului de epurat și a celui epurat prin strîngerea șuruburilor slăbite și schimbarea garniturilor și șuruburilor uzate;* ● *la filtrele care lucrează sub acțiune umedă, operația de întreținere trebuie executată de așa manieră ca să nu se producă înfundarea filtrului cu depuneri din cauza umidității;* ● *curățirea interioară și exterioară a aparatului trebuie executată periodic și în conformitate cu instrucțiunile de întreținere date de furnizorul respectiv;* ● *să se verifice în permanență ca să nu se producă scurgeri de curent în carcasa aparatului, scurgeri care prin atingere de către personalul care le deservește, ar putea produce accidente grave (electrocutări, incendii etc.);* ● *întrucît acest fel de aparate au gabarite mari, să se verifice periodic stabilitatea lor pe construcțiile metalice de susținere prin strîngerea șuruburilor slăbite, completarea sudurilor desfăcute, înlocuirea părților uzate:* ● *se va urmări de asemenea starea carcasei și a construcțiilor metalice în ceea ce privește rugina și coroziunea și se va completa acoperirea părților uzate și deteriorate cu materialul respectiv;* ● *se va respecta integral graficul de revizie și reparații generale, atît în conformitate cu instrucțiunile date de constructor, cît și de planificarea întreprinderii respective.*

VII.3.4. APARATELE UMEDE STATICE (coloanele cu umplutură, scruberele, spălătoarele de gaze etc.).

Acest fel de aparate au dimensiuni mari, din care cauză sînt amplasate în mod obișnuit în afara clădirilor principale.

Măsuri de întreţinere: ● *protejarea lor contra îngheţului apei, deci întreţinerea în perfectă stare a izolaţiei termice, atît a aparatului, cît şi a conductelor de apă;* ● *protejarea mantalelor (la cele construite din metal) contra ruginirii şi coroziunii prin materiale corespunzătoare (vopsea, metalizare etc.);* ● *menţinerea în bună stare a garniturilor la conductele de apă pentru a se evita pierderi pe la acestea şi înlocuirea celor uzate;* ● *menţinerea în bună stare a etanşeităţii la conductele de aducţiune a gazelor de epurat şi la cele de ieşire a celor epurate, schimbîndu-se de asemenea garniturile uzate, strîngîndu-se şuruburile slăbite şi înlocuindu-se cele ruginite sau corodate;* ● *ungerea periodică a părţilor în mişcare de la dispozitivele de evacuare a nămolurilor rezultate din depuneri după epurare;* ● *înlocuirea corpurilor de umplutură deteriorate;* ● *spălarea acestora cu ocazia reviziilor periodice şi generale şi completarea celor uzate (corodate din cauza agenţilor corosivi care iau naştere de la gazele de epurat în contact cu apa în timpul funcţionării);* ● *întreţinerea în permanenţă a construcţiilor metalice (scări, podeste, balustrade, partea de susţinere etc.) contra coroziunii şi ruginirii, completîndu-se stratul de protejare (prin vopsire, metalizare, chituire etc.);* ● *respectarea graficului de revizii planificate.*

VII.3.5. APARATELE UMEDE DINAMICE (dezintegratoarele)

Măsuri de întreţinere:

1) Pentru părţile în mişcare: ● *ungerea ritmică a lagărelor şi axelor de la piesele în mişcare;* ● *menţinerea etanşeităţii prin înlocuirea garniturilor respective la conductele de lichid, aducţiune şi evacuare a fluidelor de epurat şi epurate;* ● *înlocuirea pieselor uzate datorită coroziunii, eroziunii sau uzurii normale;* ● *curăţirea depunerilor de pe aceste piese.*

2) Pentru părţile fixe: *se vor lua în general aceleaşi măsuri arătate mai înainte la celelalte aparate (protejarea contra ruginii şi coroziunii etc.).*

Întrucît aceste aparate sînt foarte variate, primul lucru care trebuie respectat în scopul întreţinerii lor sînt prescripţiunile date de constructor în instrucţiunile de funcţionare şi cartea tehnică a aparatului. Pericolul cel mai mare care îl prezintă astfel de aparate este reducerea debitului şi chiar înfundarea dacă nu sînt respectate instrucţiunile de întreţinere.

O atenţie deosebită trebuie de asemenea dată legăturilor electrice de la motoarele care le acţionează, deoarece din cauza

depunerilor de praf sau a umidității se pot produce avarii (scurt-circuite) și accidente de muncă foarte grave.

VIII.3.6. CELELALTE APARATE DE EPURARE (aparate cu tub Venturi, sonice etc.)

La acest fel de aparate se vor respecta instrucțiunile primite o dată cu livrarea aparatelor, deoarece fiind aparate cu specific aparte este dificil și nerecomandabil a se întocmi alte instrucțiuni de întreținere.

VII.3.7. CONCLUZII

Făcîndu-se o recapitulație generală a celor arătate pînă acum, se poate trage concluzia că operația de întreținere a instalațiilor, aparatelor și agregatelor pentru protejarea aerului atmosferic este destul de complexă și cere în primul rînd :

1) Cunoașterea perfectă a modului de funcționare a instalațiilor și aparatelor de către personalul care le deservesc.

2) Cunoașterea instrucțiunilor date de firmele furnizoare referitor la modul de exploatare și de întreținere.

3) Conștiinciozitate în serviciu și intervenție promptă în cazuri de avarii sau defecțiuni.

4) Supravegherea permanentă a aparatelor de înregistrare.

5) Ținerea unei evidențe și a unei statistici strînse asupra orelor de funcționare și avariilor, dîndu-se o atenție deosebită acelor părți mai sensibile, pe care aparatele le arată în exploatare.

6) Ținerea la zi a jurnalului fiecărui aparat.

7) Respectarea perioadelor planificate pentru revizii și reparații.

Deși unele aparate sînt destul de robuste (cicloanele, coloanele cu umplutură, scruberele etc.), altele sînt destul de sensibile și necesită o supraveghere atentă și executarea de reglaje curente. Chiar și acelea considerate robuste au totuși unele părți care trebuie controlate cît mai des, pentru a le asigura o funcționare continuă și la parametrii prevăzuți în proiect. Numai o întreținere corectă poate asigura scopul pentru care au fost concepute aceste instalații, economii în exploatare și durata de funcționare în limitele normale din cartea lor tehnică.

Anexa 1

CERTIFICATUL INSTALAȚIEI DE EPURARE nr. . . . . .

Denumirea întreprinderii . . . . . .
Felul instalației (epurare gaze, aer etc.) sau . . . . . .
Instalație de absorbție . . . . . .

A. DATE GENERALE

1. Locul amplasării instalației . . . . . .
2. Destinația instalației (epurare, absorbție) . . . . . .
3. Data intrării în exploatare . . . . . .
4. Montajul a fost executat de întreprinderea (întreprinderile) și data . . . . . .
5. Proiectul a fost executat de (întreprinderea) . . . . . .

B. DATE TEHNICE

Denumirea utilajului	Conf. proiect	Real	Denumirea utilajului	Conf. proiectului	Real
1. Organele de antrenare			**2. Aparatele de epurare**		
a. *Ventilatorul (exhaustor):*			a. *Felul aparatului (ciclon, filtru etc.):*		
— sistemul			— tipul		
— tipul — seria			— modul de funcționare		
— diametrul rotorului [mm]			— proiectantul		
— numărul de rot/min			— uzina furnizoare		
— diametrul și lățimea șaibei [mm]			— suprafața de lucru [m²]		
— debitul [m³/h]			— diametrele șaibelor de racordare în rețea și instalație [mm]		
— presiunea totală dezvoltată [mm H_2O]			— debitul de gaze de epurat [m³/h]		
b. *Electromotorul:*			b.		
— tipul — seria			c.		
— uzina furnizoare			. . . . .		
— puterea [kW]			**3. Alte dispozitive**		
— numărul de rotații			. . . . .		
— diametrul și înălțimea șaibei			. . . . .		
— felul transmisiei			. . . . .		

Anexa 1 (continuare)

C. DATE SUPLIMENTARE

1. Baza pentru completarea certificatului

2. Data încercărilor . . . . . .

3. Transformarea sistemului sau schimbarea regimului de lucru
   — certificatul a fost întocmit (semnăturile) . . . . . .
   — certificat a fost verificat (semnăturile) . . . . . .

Observaţie. La certificat se anexează o schiţă sau o schemă a instalaţiei de epurare în proiecţie ortogonală.

Scanned with OKEN Scanner

Anexa 2

JURNALUL EXPLOATĂRII ȘI REPARĂRII INSTALAȚIEI DE EPURARE NR. .....

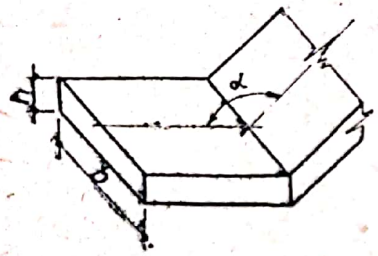
Responsabil pentru instalație .....

ÎNSEMNĂRI ASUPRA EXPLOATĂRII

Opriri ale instalației de epurare		Reparație sau curățire		Defecte de exploatare	
Data și ora	Cauza și semnătura responsabilului	Data și ora	Ce părți au fost reparate, ce s-a făcut Semnătura celui care a recepționat reparația	Data	Ce a fost înlocuit, ce propuneri se fac, semnătura

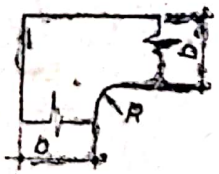
Anexa 3

VALORILE COEFICIENȚILOR DE REZISTENȚĂ LOCALĂ LA CANALE

Nr. crt.	Denumirea piesei	Forma și secțiunea	Coeficientului de rezistență locală ξ
0	1	2	3
1	Cot		

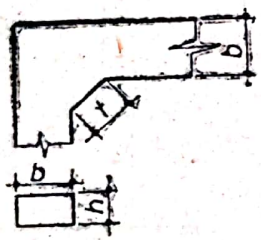
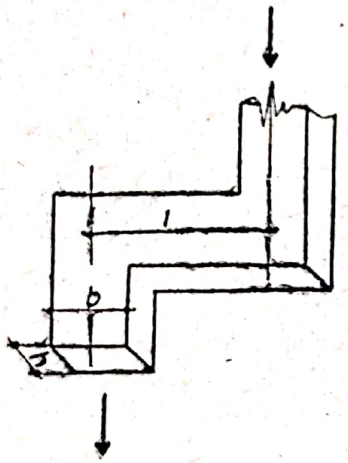
α / h/b	90	100	110	120	130	140	150
0,25	2,30	1,64	1,28	0,98	0,68	0,44	0,30
0,50	1,74	1,38	1,18	0,80	0,57	0,38	0,26
0,75	1,45	1,14	0,88	0,67	0,47	0,31	0,21
1,00	1,18	0,92	0,72	0,53	0,38	0,25	0,16
1,25	0,95	0,74	0,58	0,44	0,30	0,20	0,13
1,50	0,78	0,62	0,48	0,37	0,26	0,17	0,11
1,75	0,64	0,50	0,40	0,30	0,22	0,15	0,10
2,00	0,54	0,43	0,34	0,26	0,18	0,12	0,08
3,00	0,47	0,37	0,30	0,22	0,15	0,10	0,07

În cazul secțiunii circulare se ia ξ corespunzător raportului $h/b = 1$

2	Cot		

R/b	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
ξ	0,88	0,72	0,60	0,52	0,47	0,45	0,42	0,41	0,40	0,39

Scanned with OKEN Scanner

0	1	2	3
3	**Cot**		Pentru $t = 0{,}1\ b$, $\xi = 0{,}8$ Pentru $t = 0{,}25\ b$, $\xi = 0{,}5$
4	**Cot dublu**		

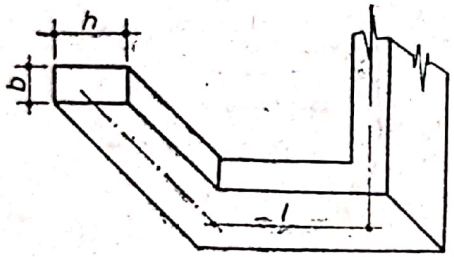
l/b \ h/b	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
0,50	2,50	5,60	6,40	6,60	7,00	6,60	5,80	5,30
1,00	1,60	3,50	4,00	4,30	4,50	4,30	3,70	3,40
2,00	0,75	1,70	1,45	2,10	2,20	2,10	1,80	1,60
4,00	0,58	1,28	1,45	1,55	1,58	1,55	1,32	1,20
8,00	0,54	1,20	1,35	1,45	1,43	1,45	1,22	1,14
3,50	4,00	4,50	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
5,00	4,80	4,80	4,60	4,50	4,30	4,00	3,80	3,80
3,20	3,00	3,00	3,00	2,80	2,75	2,50	2,40	2,40
1,58	1,43	1,43	1,40	1,35	1,30	1,20	1,18	1,18
1,18	1,15	1,15	1,12	1,10	1,00	0,90	0,86	0,86
1,10	1,00	1,00	1,00	0,95	0,92	0,85	0,80	0,80

În cazul secțiunii circulare se ia ξ corespunzător raportului $h/b = 1$

Scanned with OKEN Scanner

0	1	2	3

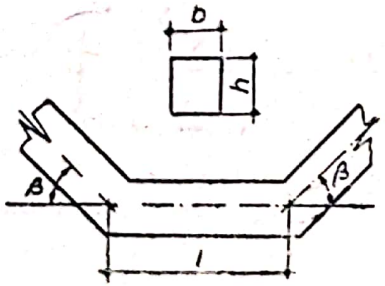
5 **Cot dublu**



l/b \ h/b	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	
0,50	5,50	5,30	5,00	5,00	5,00	5,0	
1,00	3,50	3,40	3,20	3,20	3,20	3,20	
2,00	1,70	1,60	1,50	1,58	1,58	1,58	
4,00	1,27	1,20	1,12	1,18	1,18	1,18	
8,00	1,17	1,14	1,07	1,10	1,10	1,10	
4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
4,80	4,80	4,60	4,50	4,30	4,30	4,00	3,80
3,00	3,00	3,00	2,80	2,75	2,50	2,40	2,40
1,43	1,43	1,40	1,35	1,30	1,20	1,18	1,18
1,15	1,15	1,12	1,10	1,00	0,90	0,86	0,86
1,00	1,00	1,00	0,95	0,92	0,85	0,80	0,80

În cazul secțiunii circulare se ia ξ corespunzător raportului $h/b = 1$

6 **Cot dublu**



$\beta = 45^0$

l/b \ h/b	1	2	3	4	5	6	8	10
0,25	1,10	0,96	1,14	1,27	1,31	1,31	1,31	1,31
0,50	0,90	0,80	0,94	0,94	1,07	1,10	1,10	1,10
1,00	0,61	0,54	0,64	0,75	0,77	0,77	0,77	0,77
1,25	0,48	0,42	0,50	0,58	0,60	0,60	0,60	0,60
1,50	0,41	0,37	0,42	0,49	0,50	0,50	0,50	0,50
1,75	0,34	0,30	0,36	0,41	0,42	0,42	0,42	0,42
2,00	0,29	0,26	0,30	0,34	0,36	0,36	0,36	0,36
3,00	0,24	0,22	0,25	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30

Scanned with OKEN Scanner

0	1	2	3
	Cot dublu		

$\beta = 60^0$

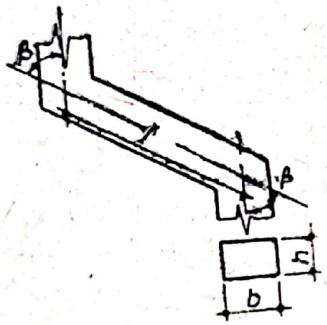
h/b \ l/b	1	2	3	4	5	6	8	10
0,25	2,50	1,80	1,98	2,42	—	—	—	—
0,50	2,10	1,50	1,63	2,01	2,35	2,40	2,40	2,40
1,00	1,41	1,00	1,10	1,36	1,60	1,64	1,64	1,64
1,25	1,10	0,80	0,88	1,07	1,26	1,30	1,30	1,30
1,50	0,95	0,19	0,75	0,90	1,08	1,10	1,10	1,10
1,75	0,79	0,56	0,61	0,75	0,89	0,91	0,91	0,91
2,00	0,67	0,47	0,50	0,64	0,74	0,77	0,77	0,77
3,00	0,56	0,40	0,44	0,53	0,63	0,65	0,65	0,65

$\beta = 90^0$

h/b \ l/b	2	3	4	5	6	8	10
0,50	—	2,38	—	—	—	—	—
1,00	1,70	1,60	1,96	2,18	2,38	2,40	2,40
1,25	1,36	1,30	1,55	1,72	1,88	1,90	1,90
1,50	1,16	1,10	1,31	1,47	1,60	1,63	1,63
1,75	0,95	0,90	1,09	1,21	1,30	1,34	1,34
2,00	0,80	0,75	0,91	1,00	1,10	1,12	1,12
3,00	0,67	0,64	0,78	0,86	0,93	1,05	1,05

În cazul secţiunilor circulare se ia ξ corespunzător la $l/b = l/d$ şi $h/b = 1$

Scanned with OKEN Scanner

0	1	2	3
7	**Cot dublu**		

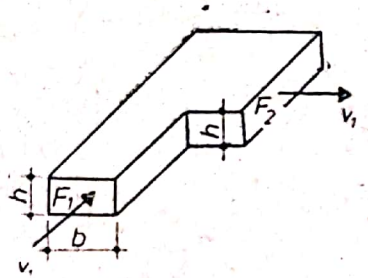
$\beta = 60^0$

$\frac{l/b}{h/b}$	1	2	3	4	5	6—10
0,25	1,90	2,46	—	—	—	—
0,50	1,56	2,05	2,24	2,35	2,40	2,42
1,00	1,06	1,37	1,50	1,60	1,61	1,62
1,25	0,85	1,08	1,20	1,27	1,30	1,30
1,50	0,72	0,92	1,02	1,08	1,10	1,10
1,75	0,60	0,76	0,85	0,89	0,90	0,91
2,00	0,49	0,63	0,70	0,74	0,76	0,78
3,00	0,42	0,53	0,60	0,63	0,65	0,66

$\beta = 45^0$

$\frac{l/b}{h/b}$	1	2	3—10
0,25	1,03	1,26	1,34
0,50	0,87	1,02	1,10
1,00	0,60	0,70	0,76
1,25	0,47	0,55	0,60
1,50	0,40	0,47	0,50
1,75	0,33	0,39	0,42
2,00	0,27	0,32	0,35
3,00	0,23	0,28	0,30

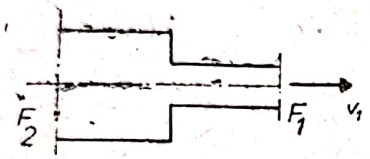
Scanned with OKEN Scanner

0	1	2	3
8	**Cot cu schimbare de secţiune**		Valoarea lui ξ (referitoare la v_1)

F_1/F_2 / h/b	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0,25	1,75	1,58	1,43	1,32	1,24	1,18	1,15
0,50	1,70	1,53	1,39	1,28	1,19	1,13	1,08
0,75	1,68	1,50	1,36	1,25	1,17	1,10	1,05
1,00	1,65	1,47	1,34	1,23	1,14	1,07	1,03
2,00	1,60	1,41	1,26	1,13	1,05	0,98	0,94
3,00	1,54	1,35	1,19	1,06	0,97	0,90	0,86
4,00	1,47	1,26	1,10	0,99	0,90	0,86	0,81
—	1,50	1,24	1,05	0,90	0,80	0,74	0,69

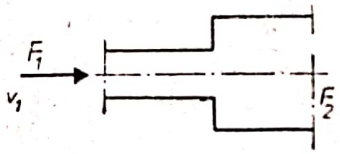
8	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
	1,11	1,09	1,07	1,07	1,06	1,06	1,06	1,06
	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,95	0,95	0,95
	1,02	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,89	0,88
	0,98	0,95	0,92	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84
	0,90	0,86	0,83	0,80	0,77	0,76	0,74	0,73
	0,83	0,80	0,77	0,75	0,74	0,71	0,70	0,69
	0,78	0,76	0,73	0,71	0,70	0,68	0,67	0,66
	0,66	0,63	0,61	0,60	0,58	0,57	0,56	0,55

Scanned with OKEN Scanner

0	1	2	3
9	**Îngustare bruscă de secţiune**		

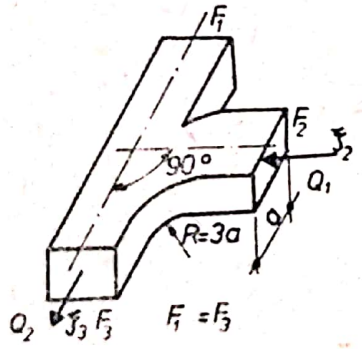
F_1/F_2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
ξ	0,48	0,46	0,42	0,37	0,32	0,26	0,20	0,13	0,07

(Se referă la v_1)

0	1	2	3
10	**Lărgire bruscă de secţiune**		

F_1/F_2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
ξ	0,81	0,64	0,50	0,36	0,25	0,16	0,09	0,04	0,01

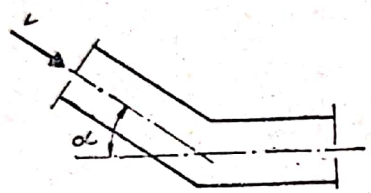
(Se referă la v_1)

0	1	2	3
11	**Ramificaţie cu secţiune dreptunghiulară (aspiraţie)**		

	$\frac{Q_1Q_2}{F_2F_3}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ_2	0,25	—0,5	—0,1	0,4	1,2	2,2	3,6	—	—	—	—
	0,50	—0,6	—0,2	0,0	0,2	0,4	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5
	1,00	—0,6	—0,3	—0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5
ξ_3	0,50	0,2	0,2	0,1	0,0	—0,1	—0,2	—0,3	—0,4	—0,5	—0,6
	1,00	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0	—0,1	—0,3

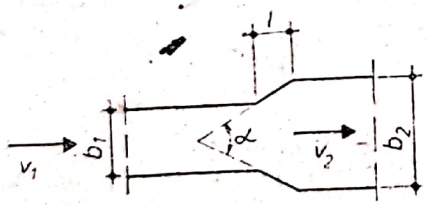
Q_1 şi Q_2 reprezintă debitele fluidului

12 **Cot simplu**



Secţiunea canalului	Coeficientul ξ	Valoarea unghiului în grade centesimale				
		20	40	60	80	100
Cerc	ξ	0,05	0,20	0,50	0,90	1,20
Pătrat	ξ	0,11	0,30	0,53	0,83	1,30

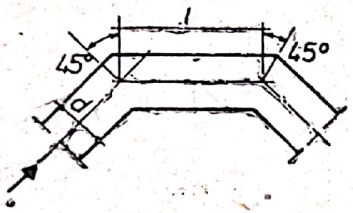
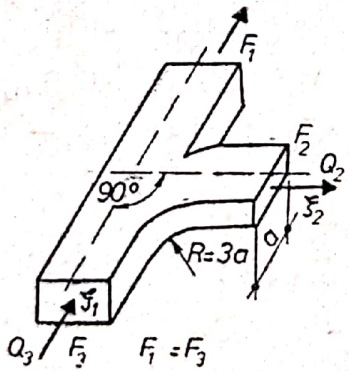
13 **Difuzor în canal drept**



Valorile lui ζ de la poziţia 10 se înmulţesc cu coeficientul K

Unghiul de deschidere al difuzorului	K	
5°	0,082	v_1
10°	0,167	
15°	0,275	
20°	0,425	
25°	0,625	
30°	0,800	
35°	0,930	
40°	1,000	
45°	1,000	

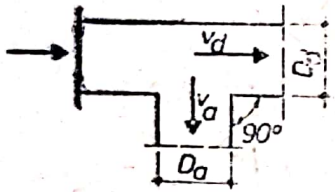
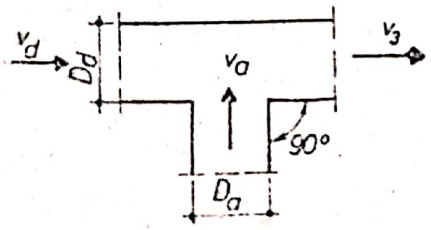
Scanned with OKEN Scanner

	1	2	3
14	**Confuzor în canal drept**		Cînd $\alpha \leqslant 20$, $\xi = 0{,}0$ $\alpha = 20 \ldots 40$ $\xi = 0{,}1$ $\alpha > 45°$ valoarea lui ξ se ia ca la poziția 9
15	**Cot complicat**		
16	**Ramificație cu secțiune dreaptă (refulare)**		

Secțiunea canalului	Coeficientul ξ	Raportul l/d					
		1	2	3	4	5	6
Circulară	ξ	0,37	0,28	0,35	0,38	0,40	0,42

	Q_2/Q_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	F_2/F_1										
ξ_2	0,25	0,55	0,50	0,60	0,80	1,25	2,00	—	—	—	—
	0,50	0,60	0,50	0,40	0,40	0,50	0,60	0,80	1,05	1,45	2,00
	0,75	0,65	0,55	0,40	0,35	0,35	0,38	0,45	0,55	0,70	1,00
	1,00	0,67	0,56	0,46	0,38	0,30	0,30	0,30	0,30	0,37	0,50
ξ_1	0,25	—	—	0,02	0,06	0,13	0,20	0,30	0,38	0,46	0,54
	0,50	—	—	0,00	0,02	0,06	0,12	0,20	0,28	0,36	0,42
	1,00										

Q_1 și Q_2 reprezintă debitele de fluid

0	1	2	3
17	**Derivaţii cu $\alpha = 90^0$**	*Teu de distribuţie* 	
		Teu colector 	

$\frac{V_a}{V_d}$	ξ_a $\frac{D_a}{D_d}=$ 0,35	0,58	1,00	ξ_d $\frac{D_a}{D_d}=$ 0,35	0,58	1,00

Teu de distribuţie

0,6	3,20	4,00	0	6,20	0	—0,16
0,8	1,90	2,50	0	4,50	0	—0,10
1,0	1,65	2,15	0	3,60	0	0,00
1,2	1,40	1,60	0	3,45	0	0,12
1,4	1,25	1,45	0	2,80	0	0,34
1,6	1,10	1,40	0	2,50	0	0,54

Teu colector

0,6	—3,80	—1,60	0,15	0,7	0,70	0,70
0,8	—1,90	—0,00	0,60	0,6	0,90	1,00
1,0	—0,60	0,00	1,20	0,4	1,10	1,40
1,2	0,00	0,30	1,30	0,3	1,30	1,80
1,4	0,36	0,45	1,30	0,2	1,45	2,50
1,6	0,60	0,60	1,30	0,1	1,70	2,75

C-da 5728 coala 21

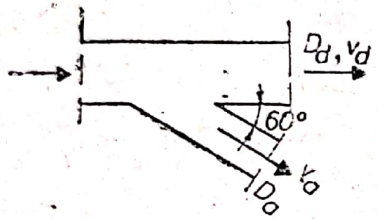
Scanned with OKEN Scanner

Anexa 3 (continuare)

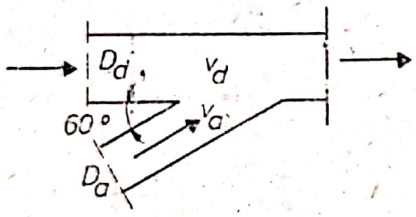
1	2	3

Derivații cu α = 60°

Teu de distribuție

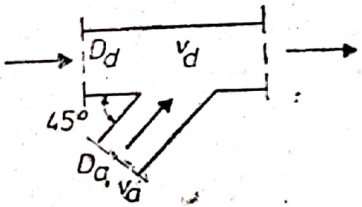
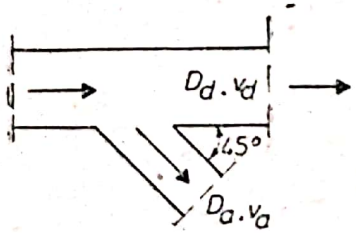


Teu colector

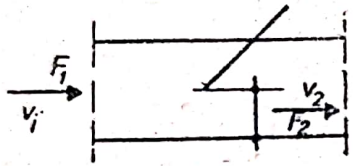


$\frac{v_a}{v_d}$	ξ_a $\frac{D_a}{D_d}$ = 0,35	0,58	1,00	ξ_d $\frac{D_a}{D_d}$ = 0,35	0,58	1,00
Teu de distribuție						
0,6	3,20	3,00	5,00	0	—0,05	—0,08
0,8	1,90	1,90	3,10	0	—0,05	0,00
1,0	1,30	1,30	2,40	0	—0,05	0,07
1,2	1,00	1,00	1,90	0	—0,03	0,20
1,4	0,90	0,85	1,65	0	—0,02	0,36
1,6	0,80	0,75	1,50	0	—0,00	0,55
Teu colector						
0,6	—0,65	—0,75	0,60	0,115	0,290	0,80
0,8	0,00	0,00	1,00	0,120	0,340	1,00
1,0	0,40	0,36	1,14	0,126	0,375	1,16
1,2	0,55	0,50	1,14	0,118	0,400	1,34
1,4	0,60	0,60	1,10	0,096	0,430	1,50
1,6	0,74	0,64	1,10	0,070	0,450	1,62

Scanned with OKEN Scanner

	1	2	3						
19	**Derivații cu** $\alpha = 60^0$	*Teu colector* 	ξ_a			ξ_d			
			$\frac{v_a}{v_d}$	$\frac{D_a}{D_d}$ = 0,35	0,58	1,00	$\frac{D_a}{D_d}$ = 0,35	0,58	1,00
			Teu de distribuție						
			0,60	1,44	1,80	3,60	—0,03	—0,06	+0,11
			0,80	0,57	0,82	2,20	—0,04	—0,08	+0,06
			1,00	0,13	0,18	1,60	—0,04	—0,08	—0,04
			1,20	0,09	0,13	1,20	—0,05	—0,08	0,15
		Teu de distribuție 	1,40	0,14	0,28	0,90	—0,05	—0,08	0,30
			1,60	0,23	0,28	0,80	—0,05	0,07	0,48
			Teu colector						
			0,60	—0,64	—1,60	—0,35	0,15	0,13	0,51
			0,80	0,19	—0,50		0,17	0,08	0,65
			1,00	0,50	0,16		0,15	0,07	0,72
			1,20	0,55	0,20		0,13	—0,08	0,58
			1,40	0,70	0,22		0,80	—0,15	0,35
			1,60	0,74	0,37	0	0,30	—0,26	0,20

Scanned with OKEN Scanner

0	1	2	3
20	**Registru sau clapetă parțial deschisă**		

Gradul de deschidere al registrului	ξ	Viteza la care se referă
10	230,0	v_i
20	40,0	
30	16,7	
40	7,5	
50	4,0	
60	2,0	
70	1,0	
80	0,5	
90	0,22	
100	0,10	

21 **Coeficientul de rezistență a șuberului sau clapetei**

Secțiunea liberă, în %, față de cea totală	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ	1 000	200	40	18	8	4	2	1,0	0,5	0,22	0,1

Dacă diferența dintre dimensiunile secțiunilor nu este mare poate fi admisă media aritmetică

Anexa 4

LISTA STAS-URILOR NECESARE PERSONALULUI CARE LUCREAZĂ ÎN RECEPȚIA, EXPLOATAREA, ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA APARATELOR PRIVIND PROTEJAREA AERULUI ATMOSFERIC

STAS	Denumirea
STAS 7737-67	*Încercarea la îndoire a tablelor și benzilor de oțel*
STAS R. 7234-75	*Încercări de ambutisare. Clasificare*
STAS 2112-63	*Încercări de ambutisare după metoda Erichsen*
STAS 10221-75	*Încercări de fisurare la cald a metalului depus prin sudare*
STAS 777-73	*Încercarea la îndoire*
STAS 1111-67	*Încercări tehnologice ale țevilor din oțel*
STAS 7194-65	*Sudabilitatea oțelurilor. Elemente de bază*
STAS 9552-74	*Controlul ultrasonic al tablelor groase și al țevilor*
STAS 4930-66	*Determinarea călibilității oțelului prin metoda răcirii frontale*
STAS 5000-73	*Metalografie. Constituetnte și structuri. Terminologie*
STAS 5500-74	*Defecte. Terminologie*
STAS 10836-77	*Controlul ultrasonic al îmbinărilor sudate în colț prin topire*
STAS 8539-78	*Defetcoscopie cu pulberi magnetice*
STAS 10137-78	*Defectoscopie cu radiații penetrante. Indicatori pentru stabilirea calității imaginii*
STAS 9056-71	*Determinarea caracteristicilor mecanice ale metalului depus la sudarea cu gaz*
STAS 7932-73	*Încercarea la forfecare a îmbinărilor sudate prin puncte*
STAS 5976-71	*Încercări ale îmbinărilor sudate în colț*
STAS 5540/1-77	*Încercări ale îmbinărilor sudate cap la cap*
STAS 5540/2-77	*Încercări la tracțiune*
STAS 5540/3-77	*Încercări la îndoire*
STAS 5540/4-77	*Încercări la încovoiere prin șoc*
STAS 5540/5-77	*Încercări la duritate*
STAS 5540/6-77	*Încercări la aplatisare*
STAS 8027-78	*Încercarea la oboseală sau sarcini axiale*
STAS 5878-77	*Încercarea la oboseală prin încovoiere rotativă*
STAS 7356/1-73	*Încercările mecanice ale metalului depus prin sudare manuală cu electrozi înveliți*
STAS 7356/2-73	*Încercările mecanice ale metalului depus cu sîrmă prin sudare sub flux*
STAS 7356/3-73	*Încercările mecanice ale metalului depus prin sudare cu arc în mediu de gaz protector*

Scanned with OKEN Scanner

Anexa 4 (continuare)

STAS	Denumirea
STAS 6638-70	*Determinarea limitei de curgere a oţelului la temperaturi ridicate*
STAS 9760-74	*Determinarea tenacităţii la rupere după metoda K 10*
STAS 1552-67	*Încercarea la compresiune*
STAS 165-66	*Incercarea de duritate (Brinell)*
STAS 493-67	*Incercarea de duritate Rockwell*
STAS 8315-69	*Incercarea de duritate Shore*
STAS 6623-70	*Incercarea de duritate Vickers cu sarcini mici*
STAS 6596-73	*Incercarea de fluaj a oţelurilor la temperaturi ridicate fără întreruperea sarcinii*
STAS 7400-66	*Incercarea de încovoiere prin şoc la cald*
STAS 10897-77	*Incercări mecanice ale îmbinărilor lipite*
STAS 7209-70	*Incercarea la relaxare, în atmosferă standard a oţelurilor pentru beton precomprimat*
STAS 7926-67	*Incercarea de rezistenţă la forfecare pură*
STAS 200-75	*Incercarea la tracţiune*
STAS 2649-76	*Incercarea la tracţiune a tablelor şi benzilor cu grosimi sub 3 mm*
STAS 6835-75	*Incercări la tracţiune la temperaturi scăzute*
STAS 6637-75	*Incercări statice de durată. Terminologie şi simboluri*
STAS R. 8542-70	*Alegerea oţelurilor pentru construcţii metalice*
STAS R. 7171-72	*Gruparea şi definirea oţelurilor standardizate*
STAS 5948-73	*Gruparea şi simbolizarea laminatelor de oţel*
STAS R. 4400-68	*Oţeluri standardizate. Nomenclator şi corespondenţe*
STAS 901-74	*Tablă pentru construcţii mecanice cu grosimi de la 1—4 mm inclusiv laminate pe laminoare discontinue*
STAS 505-69	*Table groase şi platbande*
STAS 3480-75	*Tablă striată*
STAS 1456/1-75	*Oţeluri pentru rulmenţi*
STAS 9021-75	*Table pentru construcţii metalice sudate din oţel cu granulaţie fină*
STAS 8325-69	*Clasificarea procedeelor de sudare*
STAS 9532/1-74	*Examinarea sudurilor. Prescripţii generale*
STAS 5555-71	*Sudarea metalelor. Terminologie*
STAS 1125/1-76	*Sudarea metalelor. Electrozi înveliţi pentru sudarea oţelurilor. Condiţii generale de calitate*
STAS 1126-76	*Sudarea metalelor. Sîrmă de oţel pentru sudare*
STAS 9398-73	*Îmbinări sudate prin topire ale oţelurilor*
STAS 9148-72	*Clase de execuţie*
STAS 6976-64	*Acoperiri metalice. Terminologie*
	Coroziunea metalelor. Terminologie

Scanned with OKEN Scanner

Anexa 4 (continuare)

STAS	Denumirea
STAS 5744-67	*Protecţia suprafeţelor metalice prin depuneri metalice şi prin formarea de compuşi chimici anorganici. Clasificare şi notare*
STAS 7976-67	*Acoperiri metalice. Determinarea grosimii stratului prin metoda microscopică*
STAS 8009-67	*Protecţia suprafeţelor metalice. Acoperirea prin vopsire. Metode de verificare*
STAS 10549-76	*Protecţia utilajelor metalice contra coroziunii Condiţii generale de proiectare şi execuţie*
STAS 10465/1-76	*Lagăr cu rulmenţi. Carcase turnate pentru rulmenţi cu suprafaţa exterioară sferică şi inel interior lat. Dimensiuni*
STAS 7887-67	*Carcasă din două părţi cu talpă pentru rulmenţi cu alezaj cilindric. Dimensiuni*
STAS 6577-70	*Lagăre cu rulmenţi. Etanşare cu inele sau benzi de pîslă*
STAS R. 7760-67	*Rulmenţi. Corespondenţa simbolurilor conform STAS şi ISO*
STAS 1679-75	*Simbolizare*
STAS 10627-76	*Ventilatoare. Principii de securitate*
STAS 10822-76	*Ventilatoare de uz general. Nivel de vibraţii admisibil*
STAS 3286-76	*Ventilatoare axiale de joasă presiune. Parametrii principali*
STAS 7466-74	*Ventilatoare radiale axiale de uz general. Metode de încercări aerodinamice*
STAS 7465-76	*Terminologie şi clasificare*
STAS 2376-77	*Ventilatoare radiale. Parametrii principali*
STAS 10308-75	*Motoare asincrone monofazate. Condiţii tehnice*
STAS 7006-74	*Motoare electrice asincrone trifazate şi monofazate cu puteri de la 0,1—10 000 kW şi tensiunea nominală pînă la 6 000 V. Determinarea rezistenţei înfăşurărilor statornice fără deconectarea maşinii de la reţea*
STAS 7246/1-74	*Motoare asincrone trifazate. Metode de încercare. Prescripţii generale*
STAS 7246/2-74	*Metode de încercare. Determinarea rezistenţei înfăşurărilor*
STAS 7246/3-74	*Metode de încercare. Verificarea izolaţiei*
STAS 7246/4-74	*Metode de încercare. Determinarea raportului de transformare*
STAS 7246/5-74	*Metode de încercare. Încercarea la mers în gol*
STAS 7246/6-74	*Metode de încercare. Încercarea de scurtcircuit*
STAS 7246/7-74	*Metode de încercare. Încercarea la suprasaturaţie şi la suprasarcină de scurtă durată*

Anexa 4 (continuare)

STAS	Denumirea
STAS 7246/8-74	*Metode de încercare. Încercarea la încălzire*
STAS 7246/9-74	*Metode de încercare. Determinarea caracteristicilor de funcționare în sarcină*
STAS 1764-70	*Motoare asincrone trifazate. Caracteristici electrice fundamentale*
STAS 9544/1-74	*Motoare asincrone trifazate, închise, de uz general cu rotorul în scurtcircuit*
STAS 9544-74	*Motoare asincrone trifazate, închise, de uz general cu motorul bobinat*
STAS 2810-69	*Mijloace de măsurat. Terminologie*
STAS 6526-71	*Manometru diferențial cu tub în formă de U. Condiții generale*
STAS 3589/1-74	*Manometre vacuummetre și manovacuummetre, indicatoare de uz general cu element elastic. Condiții generale.*
STAS 6562-73	*Tub Pitot-Prandtl*
STAS 8703-70	*Mijloace pentru măsurarea temperaturii. Terminologie*
STAS 9081-71	*Poluarea atmosferei. Terminologie*
STAS 10194-75	*Puritatea aerului. Determinarea bioxidului de sulf*
STAS 10329-75	*Puritatea aerului. Determinarea bioxidului de azot*
STAS 10330-75	*Puritatea aerului. Determinarea fluorului*
STAS 10195-75	*Duritatea aerului. Determinarea pulberilor sedimentale*
STAS 10331-75	*Puritatea aerului. Principii generale de luare a probelor*
STAS 10812-76	*Puritatea aerului. Determinarea amoniacului*
STAS 10813-76	*Puritatea aerului. Determinarea pulberilor în suspesie*
STAS 10814-76	*Puritatea aerului. Determinarea hidrogenului sulfurat.*
STAS 10815-76	*Puritatea aerului. Determinarea manganului*
STAS 10816-76	*Puritatea aerului. Determinarea plumbului*
STAS 10931-77	*Puritatea aerului. Determinarea arsenului*
STAS 6300-64	*Atmosfere standard de condiționare, de încercare și referință*
STAS 2516-74	*Meteorologie și aeronautică. Atmosferă standard*
STAS 1253-74	*Aerul umed. Mărimi caracteristice și metode de măsurare*
STAS 1647-70	*Căldură. Terminologie*
STAS 1254-77	*Semne și simboluri matematice*
STAS 9488-74	*Mecanica fluidelor. Terminologie, simboluri, unități de măsură*

Anexa 4 (continuare)

STAS	Denumirea
STAS 1814-73	*Mecanica teoretică. Terminologie, simboluri și unități de măsură*
STAS 10093-75	*Mărimi și unități de măsură. Noțiuni generale*
STAS 9762-74	*Parametri fizici admisibili*
STAS 895-73	*Mărimi și constante fizice. Simboluri*
STAS 10705-76	*Metode de măsurare. Terminologie*
STAS 10706-76	*Metrologie. Terminologie*
STAS 1080-73	*Viscozitatea fluidelor. Terminologie și unități de măsură*
STAS 734/4-76	*Prefixe SI*
STAS 734/6-74	*Multipli și submultipli zecimali preferențiali ai unităților SI*
STAS 73415-73	*Mărimi de spațiu și timp. Unități de măsură*
STAS 737/15-78	*Sistemul internațional de unități (SI)*

Scanned with OKEN Scanner

BIBLIOGRAFIE

1. BATURIN, V. V. *Ventilaţia industrială* (trad. din l. rusă), Bucureşti, Editura Ministerului Construcţiilor şi al Industriei Materialelor de Construcţii, 1953.
2. BURDUCEA, C. şi MOŢOIU, C. *Poluarea mediului înconjurător de către efluenţii centralelor termoelectrice.* În : Şt. Cerc. Energ. şi Electrotehn., Bucureşti, 1972.
3. CADARIU GH. şi MĂNESCU, S. *Igiena mediului.* Bucureşti, I.M.F., 1974.
4. EDITURA TEHNICĂ. *Cazane şi reţele de abur.* Bucureşti, Editura tehnică, 1953.
5. COMAROV, A. M. şi LUCNITCHI, V. V. *Întreptar pentru termotehnicieni.* (trad. din l. rusă), Moscova, Editura Energetică de stat, 1953.
6. I.N.I.D. (O.D.T.) *Combaterea prafului în industrie,* Bucureşti, 1973.
7. CONIUSCOV, A. M. *Alimentarea cu apă a întreprinderilor din industria grea.* (trad. din l. rusă). Bucureşti, Editura tehnică, 1953.
8. COSTOCICHIN, V. N. *Instalaţii de tiraj prin aspiraţie şi refulare la centralele termoelectrice* (trad. din l. rusă). Bucureşti, Editura energetică de stat, 1953.
9. CRISTEA, AL. *Bazele ventilaţiei industriale.* Bucureşti, Editura Consiliului Central al Sindicatelor, 1954.
10. DEGLER, S .F. şi BLOOM, S. C. *Federal Pollution Central Programs.* În : WATER, AIR and SOIL WASTES BNA's Environmental Management Series, Washington D. C., 1969.
11. DE WAILLY, G. *Filtres industriels, problèmes d'entretien, D'exploitation et d'après-vente.* În : Le Courrier des Etablissements Neu., nr. 60, déc. 1973, p. 51—56.
12. ECKERT, J. şi STRIGLE, R. *Performanţe ale scruberelor umede pentru particule lichide şi solide.* În : Journal of the Air Pollution Control Association S.U.A., vol. 24, nr. 10, oct., 1974, p. 961—966.
13. EMIL, T., CHANLETT. *Environmental Protection.* New York, Mc. Graw-Hill Book Comp., 1973.
14. × × × *Ghid pentru evaluarea alegerii şi performanţei colectoarelor mecanice de praf.* În : Journal of the Air Pollution Contr. Association, vol. 18, nr. 7, 1968, p. 475—477.
15. GRIGORESCU, I. *Metode de determinare a contaminantelor atmosferice.* Bucureşti, Ministerul Chimiei, 1969.
16. IONESCU, I. şi ZIELINSCHI, M. *Metode de determinare a poluanţilor din aer.* Bucureşti, Ministerul Sănătăţii, I.I.S.P., 1972.
17. IZMEROV, N. F. *Lutte contre la pollution de l'air en U.R.S.S.* GGèneve, O.M.S., 1974.
18. KATZ, M. *La mesure des polluante de l'air, guide pour le choix des méthodes.* Genève, O.M.S., 1970.

Scanned with OKEN Scanner

19. KRIDANDIN, V. A., MOLCEANOV, N. G. și SOLOMENTEV, S. L. *Cuptoare metalurgice.* (trad. din l. rusă). București, Editura tehnică, 1963.
20. LAGOVSCHI, A. A. și PACSVER, V. B. *Centrale termoelectrice* (partea *termică*), (trad. din l. rusă), București, Editura tehnică, 1953.
21. LEITH, D. și MEHTA, D. *Cyclone performance and Design.* ATM. ENVIRONMENT, 1973, nr. 5, p. 527—549.
22. LOWTHER, P. J., MARTIN, E. A. și WILKINS, E. T. *L'epidemiologie de la pollution de l'air.* Genève, O.M.S., 1963.
23. LUCKAT, S. *Relații între viteza de coroziune a oțelului și emisia de materiale nocive.* În : Staub Reinhaltung der Luft. R.F.G., vol. 34, nr. 6, 1974, p. 209—213.
24. MELTHAM, A. R. *Atmosphèric pollution.* Londra, Editura Pangmon-Press, 1964.
25. MOȚOIU, C. *Centrale termo- și hidroelectrice.* București, Editura didactică și Pedagogică, 1974.
26. NEGOIU, D. și KRIZA, A. *Poluanți anorganici în aer.* București, Editura Academiei Republicii Socialiste România, 1977.
27. O.M.S. *Recherches sur la pollution du milieu.* În : Rapp. Techn., 1968.
28. O.M.S. *Risques pour la santé du fait de l'environnement.* Genève, 1972.
29. O.M.S. *Les polluants atmosphériques.* În Rapp. Techn., 1964.
30. PASCU, URSU ș.a. *Protejarea aerului atmosferic. Îndrumător tehnic.* București, Editura tehnică, 1978.
31. COOPERMAN, P. *Noua teorie a randamentului unui precipitator.* În : Atmospheric Enivironment, 1971, iul., p. 541—551.
32. PLASSERRE. *Performances actuelles des séparateurs. Perspectives d'avenir.* În : Annales des Mines, 1970, nr. 11, p. 68—76.
33. POTSCHIKE, H. *Filtre moderne pentru separări diverse.* În : Wasser, Luft und Betrieb., 1971, nr. 4, p. 138—142.
34. x x x *Prescripțiuni tehnice pentru construirea, repararea, instalarea, exploatarea și controlul cazanelor de abur și recipienților sub presiune.* București, Editura tehnică, 1953.
35. RĂDUCU, V., RĂDUCU, N. și RUSU, GH. *Îndrumător pentru ridicarea calificării lăcătușilor din construcțiile de mașini.* București, Editura tehnică, 1979.
36. RODATTIS, C. F., ROMM, E. I., SEMENENCO, N.A., USCENCO, T. T. și TIGANKOV, V. N. *Instalații de cazane : agregate de cazane, echipamentul auxiliar și exploatarea instalațiilor de cazane,* (trad. din l. rusă). București, Editura energetică de stat, 1955.
37. SERGIU, MĂNESCU. *Lucrări practice de igienă a mediului.* București, I.M.F., 1973.
38. SERGIU MĂNESCU, MANOLE CUCU, MONA LIGIA DIACONESCU — *Chimia sanitară a mediului.* București, Editura medicală, 1978.
39. x x x STAS 10295—1975. *Determinarea pulberilor sedimentare.*
40. x x x *Termodinamica și mecanica fluidelor.* București, Editura tehnică, 1953.
41. *TITKIN, S. I.* Ventilatoare și aspiratoare. (trad. din l. rusă). București, Editura tehnică, 1958.
42. VOICU, V. *Instalații de ventilare și condiționare a aerului.* Montare, recepție, exploatare. București, Editura tehnică, 1959.
43. VOICU, V., CASIAN, E., BĂRĂSCU, I. *Realizări recente în combaterea poluării atmosferei în industrie.* București, Editura tehnică, 1977.
44. VOICU, V. *Aparate de măsură și încercare tehnică a instalațiilor de ventilare. București,* Editura C.C.S., 1957.